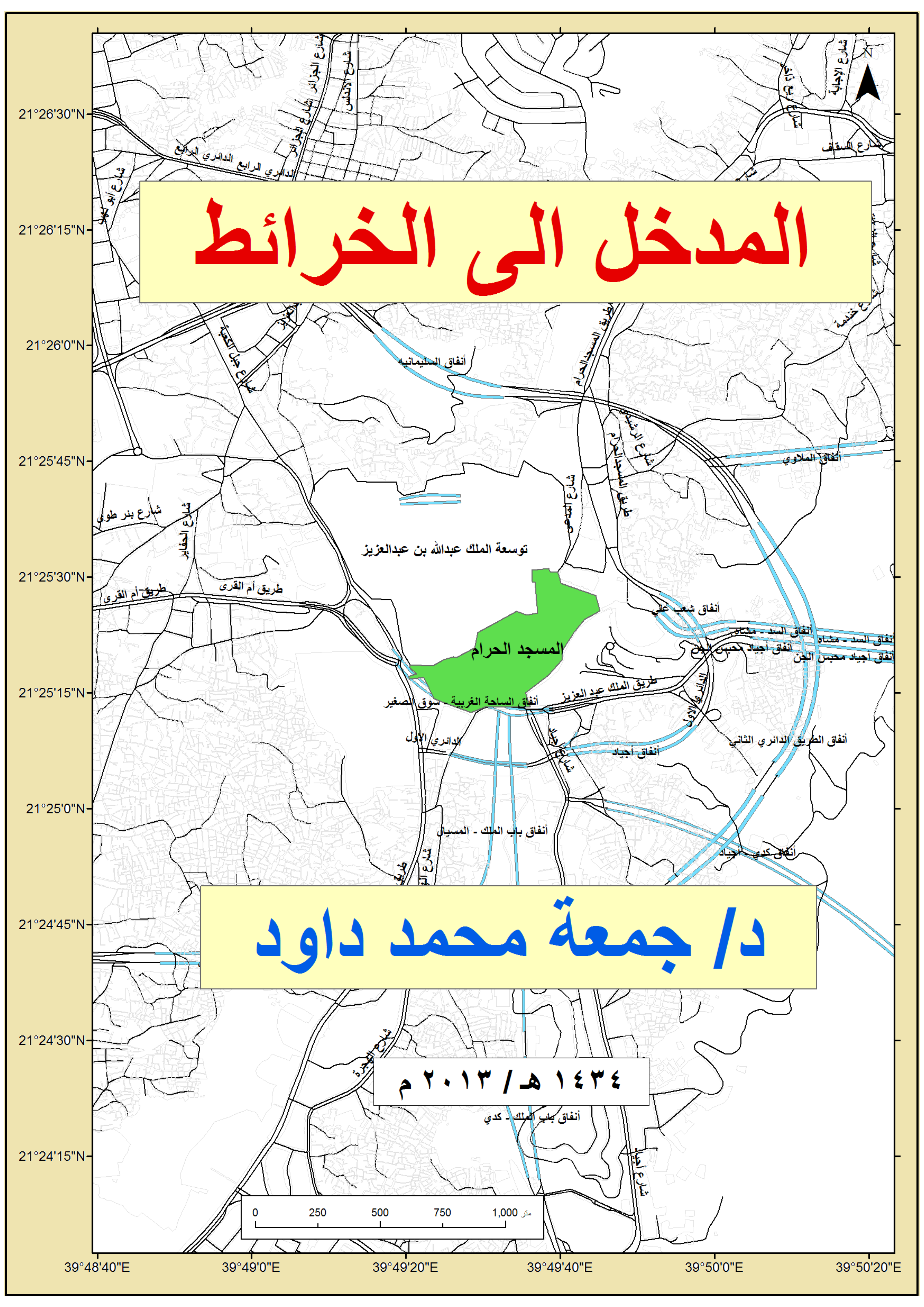


المدخل الى الخرائط
د/ جمعة محمد داود
١٤٣٤ هـ / ٢٠١٣ م
المسجد الحرام
توسعة الملك عبدالله بن عبدالعزيز
أنفاق السليمانية
أنفاق الملاوي
أنفاق شعب علي
أنفاق الساحة الغربية - سوق الصغير
أنفاق أجياد
أنفاق الطريق الدائري الثاني
أنفاق باب الملك - المسيال
أنفاق باب الملك - كدي
طريق أم القرى
طريق الملك عبد العزيز
الدائري الأول
شارع بئر طوى
شارع المسقاف
21°26'30"N
21°26'15"N
21°26'0"N
21°25'45"N
21°25'30"N
21°25'15"N
21°25'0"N
21°24'45"N
21°24'30"N
21°24'15"N
39°48'40"E
39°49'0"E
39°49'20"E
39°49'40"E
39°50'0"E
39°50'20"E
0
250
500
750
1,000
متر
N

# المدخل إلى الخرائط

# An Introduction to Maps

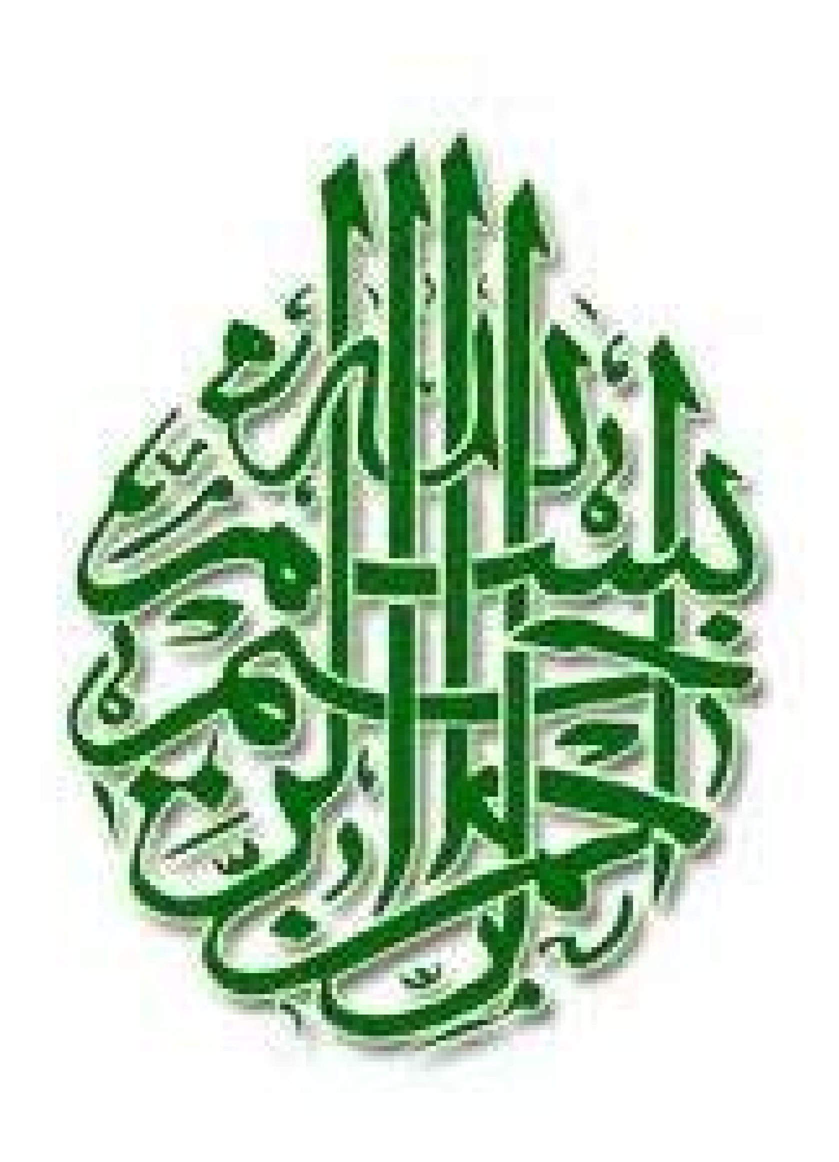

د. جمعة محمد داود

*Gomaa M. Dawod*



النسخة الأولي

١٤٣٤ هـ / ٢٠١٣م


بسم الله الرحمن الرحيم



## اتفاقية الاستخدام



---

للإشارة الى هذا الكتاب - كمرجع – برجاء إتباع النموذج التالى:

باللغة العربية:
داود ، جمعة محمد ، ٢٠١٣ ، المدخل إلى الخرائط ، مكة المكرمة ، المملكة العربية السعودية.

باللغة الانجليزية:
Dawod, Gomaa M., 2013, An Introduction to Maps (in Arabic), Holy Makkah, Saudi Arabia.

---

## مقدمة النسخة الأولى

بسم الله الرحمن الرحيم و الحمد لله العليم القدير الذي وهبني علما ووفقني في حياتي ، والصلاة والسلام علي معلم الأمم و خير البرية محمد بن عبد الله عليه الصلاة و السلام.

أدعو و أبتهل الى مولاي و خالقي عز و جل أن يتقبل مني هذا العمل لوجهه الكريم فما أردت إلا إرضاؤه تعالى وتحقيقا لقول رسوله الكريم أن عمل ابن ادم ينقطع بعد موته إلا من ثلاث أحدهم: علم ينتفع به.

أردت أن أقدم عملا باللغة العربية عن **المبادئ والمفاهيم الأساسية لعلم الخرائط** بما يناسب طلاب المستوي الأول بالمرحلة الجامعية، فهذا ليس مرجعا شاملا في الخرائط وإنما هو "**مدخل**" فقط كما يشير عنوانه. والكتاب الحالي هو السادس - بفضل الله تعالى و توفيقه - من سلسلة كتبي الرقمية المخصصة لوجه الله تعالى وابتغاء مرضاته، وهي الموجودة في العديد من مواقع شبكة الانترنت.

أدعو كل قارئ و كل مستفيد من هذا الكتاب أن يدعو الله تبارك و تعالى أن يغفر لي و لوالدي ، وأيضا ألا يحرمني من رأيه و تعليقاته وتصويباته - فلا يوجد كتاب إلا و به نواقص و أخطاء - سواء عبر البريد الالكتروني أو عبر منتدى الهندسة المساحية في:

http://surveying.ahlamontada.com/

بسم الله الرحمن الرحيم ..... **وقل ربي زدني علما** .... صدق الله العظيم.

جمعة محمد داود
dawod_gomaa@yahoo.com

**مكة المكرمة:** رمضان ١٤٣٤ هـ الموافق أغسطس ٢٠١٣ م

# إهداء

الى روح **أمي**

رحمها الله و غفر لها و أسكنها فسيح جناته

وأطلب من كل قارئ كريم قراءة الفاتحة و الترحم
عليها والدعاء لها

## كتب أخري للمؤلف

١- المدخل الى الخرائط الرقمية

٢- التحليل المكاني في إطار نظم المعلومات الجغرافية

٣- مبادئ المساحة

٤- المدخل الى النظام العالمي لتحديد المواقع

٥- أسس المساحة الجيوديسية و الجي بي أس

وكل هذه الكتب المجانية (بالإضافة لمواد تدريبية و ملفات تعليمية أخري) متاحة للتحميل كاملة في عدد كبير من مواقع شبكة الانترنت و منهم:

صفحتي علي موقع جامعة أم القري في الرابط:

http://www.uqu.edu.sa/staff/ar/4260086

صفحتي علي موقع أكاديميا في الرابط:

http://nwrc-egypt.academia.edu/GomaaDawod

# تقديم

بسم الله الرحمن الرحيم

الحمد لله رب العالمين والصلاة والسلام على أشرف المرسلين سيدنا محمد وآله وصحبه أجمعين، وبعد:

سعدت بالإطلاع على مؤلف سعادة الأخ الزميل الدكتور جمعة محمد داود الموسوم بـ "المدخل إلى الخرائط"، ١٤٣٤هـ/٢٠١٣م، الذي يعتزم نشره على شبكة الانترنت، كعمل مجاني تطوعي لطلبة العلم والمهتمين بهذا المجال من مختلف التخصصات. وعلى الرغم من كوني غير متخصص في علم الخرائط، فقد وجدت فيه مادة مبسطة، سهلة المنال، متنوعة، تتسم بالشمولية، بما يتماشى مع عنوان الكتاب وهدفه الرئيس. اشتمل على نصوص ملائمة للموضوعات المختلفة، وزود بالعديد من الأشكال والخرائط والرسوم التوضيحية والصور الفوتوغرافية، مما أضاف إليه بعداً مهما في الكتب والمؤلفات ذات الطابع التعليمي المباشر.

كما احتوى على العديد من العمليات الرياضية المبسطة، لتوضيح المفاهيم ذات العلاقة بأساسيات علم الخرائط. ولعل مما يحسب لهذا المؤلف عرضه لأمثلة تطبيقية من خرائط المملكة العربية السعودية وجمهورية مصر العربية، لسهولة ربط المفاهيم المجردة بمنتجات خرائطية مكتملة من دولتين لهما باع طويل في مجال الخرائط منذ فترة ليست بالقصيرة.

وتجدر الإشادة والتنويه أيضاً بالنزعة التطوعية في إتاحة العمل بكامله على شبكة الانترنت مجاناً لكل الراغبين في الاستفادة منه، مما يجعله إضافة مميزة إلى قائمة مؤلفاته الأخرى في مجالات التقنيات الجغرافية المختلفة. ولعله بهذا يسن سنة حسنة له أجرها وأجر من عمل بها إلى يوم القيامة، حيث نفتقر كثيراً لهذا المبادرات الإنسانية في كثير من المجالات العلمية. فجزاه الله عنا وعن كل المستفيدين من هذا المؤلف القيم خير الجزاء، ونتطلع لمواصلة العطاء في هذا الميدان بخطى ثابتة لا تكل ولا تمل إن شاء الله.

والله ولي التوفيق والسداد،،،

**أ.د. رمزي بن أحمد الزهراني**
قسم الجغرافيا - جامعة أم القرى
مكة المكرمة

# المحتويات

## تابع المحتويات

صفحة

## تابع المحتويات
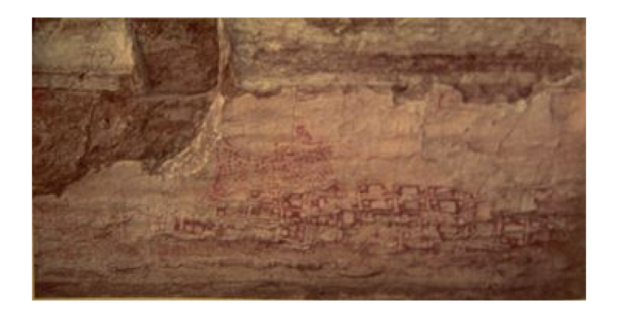
صفحة

**تابع المحتويات**

# الفصل الأول
# نبذة تاريخية

## ١-١ مقدمة

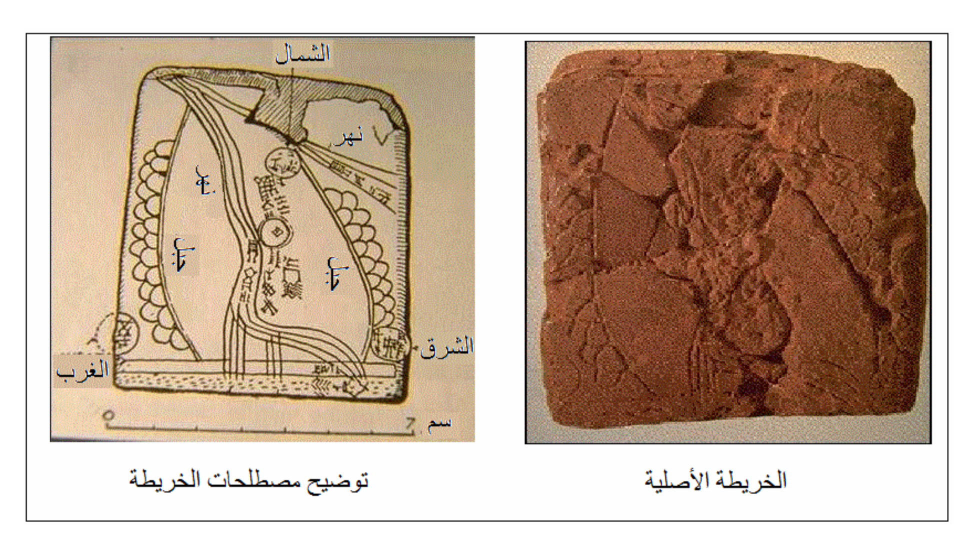
تعد الخرائط جسرا يربط بين العالم الداخلي لعقل الإنسان والعالم الخارجي والبيئة المحيطة به، كما أنها من أقدم وسائل الاتصال ونقل المعلومات بين جماعات البشر. يقول المؤرخون أن الإنسان قد عرف الخرائط حتى قبل أن يعرف الكتابة، فقد درج الإنسان منذ قديم الأزل أن"يرسم" طريقا الي هدفا أو موقعا جغرافيا معينا ليسهل عليه الوصول إلى هذا المكان أو الهدف. وقد كانت الجماعات البشرية في العصر البدائي تتجول في مناطق شاسعة بهدف الحصول علي الطعام و الماء مما جعل معرفة الاتجاهات و المسافات و "رسمها" في غاية الأهمية لهم. وقد أكتشف الإنسان القديم أن "الرسم" يمكنه من توثيق و نقل الكثير من المعلومات وخاصة المكانية بطريقة أكثر سهولة و دقة من "الكلام". وقد وجد الأثريون العديد مما يمكن أن نطلق عليه "خرائط" للحضارات البدائية أو حضارات ما قبل التاريخ، مما جعل البعض يرجع عمر الخرائط لحوالي ٨٠٠٠ عام. ومع أن البعض يعيد التاريخ المعروف للخرائط الي الخرائط البابلية، إلا أنه قد تم العثور في عام ١٩٦٣م علي ما يمكن أن نطلق عليه "رسم خرائطي" علي الجدران بطول تسعة أقدام في أنقرة بتركيا و يعود تقريبا لعام ٦٢٠٠ قبل الميلاد، ووجد أن هذا "الرسم" يصف قلعة هيوك في الأناضول وأمكن التعرف علي حوالي ثمانين مبني داخل القلعة والجبال البركانية المحيطة بها. وتوجد هذه اللوحة الجدارية في متحف جامعة هارفارد الأمريكية.



**شكل (١-١) أقدم "رسم خرائطي" يعود لعام ٦٢٠٠ قبل الميلاد**

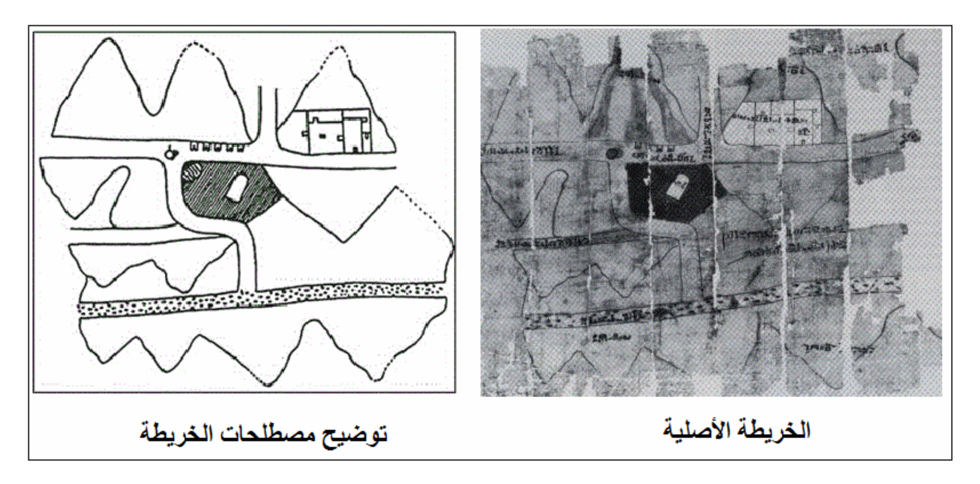
## ٢-١ خرائط الحضارات القديمة

تعود أقدم الخرائط المعروفة الى الحضارة البابلية في العراق (حوالي ٢٥٠٠ عام قبل الميلاد) حيث أنشأت الخرائط كأساس لتقدير الضرائب وكانت ترسم علي لوحات من الصلصال المحروق. وتوجد في متحف آثار جامعة هارفارد الأمريكية أقدم خريطة بابلية معروفة باسم "خريطة جاسور" التي تم اكتشافها في مدينة جاسور شمال بابل في عام ١٩٣٠م وهي عبارة عن لوح من الصلصال مساحته ٧.٦ × ٦.٨ سنتيمتر موضحا عليها جزء من نهر و ما يحيط به من مرتفعات و تلال.




**شكل (١-٢) خريطة جاسور لعام ٢٥٠٠ قبل الميلاد**

كما أسهمت الحضارة الفرعونية في مصر القديمة إسهاما قويا في تطور علم الخرائط حيث برع قدماء المصريين في علوم المساحة و الفلك و الرياضيات. أيضا كان الهدف الأساسي من وضع الخرائط حينئذ هو تقدير الضرائب علي الأراضي الزراعية، إلا أن قدماء المصريين كانوا يرسمون الخرائط علي ورق البردي المعرض للتلف سريعا مما جعل الخرائط المصرية القديمة نادرة في وجودها حتى اليوم. وتوجد أقدم الخرائط المصرية المعروفة في متحف تورينو ويعود تاريخها إلي عام ١٣٢٠ قبل الميلاد وتوضح موقع أحد مناجم الذهب في جنوب مصر وما يحيط بهذه المنطقة من معالم جغرافية حيث يظهر بها طريقين متوازيين يمران بمناطق جبلية، بينما يظهر أحد الأودية يربط بين نهر النيل و البحر الأحمر، ويظهر موقع منجم الذهب باللون الأحمر علي الخريطة. وتعبر هذه الخريطة التاريخية عن فهم الإنسان القديم لأهمية الخرائط وما يمكنها أن تحتوي من معلومات جغرافية عن مكان محدد حتى لو كان هذا المكان تحت سطح الأرض.




**شكل (١-٣) خريطة المنجم الفرعوني لعام ١٣٢٠ قبل الميلاد**

أيضا ساهمت الحضارة الصينية القديمة في علم الخرائط إسهاما فاعلا حيث قام العالم "بي هيسين" في حوالي عام ٢٢٧ قبل الميلاد بوضع أسس لعلم صناعة الخرائط (علم الكارتوجرافيا) عند صنع الخرائط لكافة مناطق الحضارة الصينية التي امتدت من إيران غربا إلي اليابان شرقا. وربما ترجع البداية العلمية الحقيقية لعلم الكارتوجرافيا إلي الحضارة الإغريقية التي بنيت علي مبادئ المساحة و الفلك و الرياضيات التي عرفتها الحضارات البابلية و الفرعونية و الصينية ثم محاولة رسم خرائط للعالم كله (المعروف في ذلك الوقت). ومن أشهر الخرائط العالمية الإغريقية "خريطة هيرودوت" حوالي عام ٤٥٠ قبل الميلاد والتي رسمها بناءا علي المعلومات الجغرافية الحقيقية التي جمعها من البحارة، وأيضا "خريطة ايراتوستين" حوالي ٢٠٠ عام قبل الميلاد وهو الذي شغل منصب أمين مكتبة الإسكندرية في ذلك الوقت وقام بأول محاولة علمية لحساب محيط الأرض. أما رائد علم الكارتوجرافيا العلمية فهو العالم الكبير "بطليموس" – حوالي ١٠٠ عام قبل الميلاد - والذي ظلت نظرياته عن الجغرافيا و الخرائط قائمة لمدة أربعة عشر قرنا حتى حلت مكانها نظريات نيوتن في العصر الحديث. وتجدر الإشارة الي أن مفهوم الأرض في الحضارات القديمة كان أنها عبارة عن قرص من اليابسة يطفو فوق سطح مياه البحار و المحيطات.




**شكل (١-٤) خريطة العالم لهيرودوت**

**٤٥٠ قبل الميلاد**



**شكل (١-٥) خريطة العالم لبطليموس**

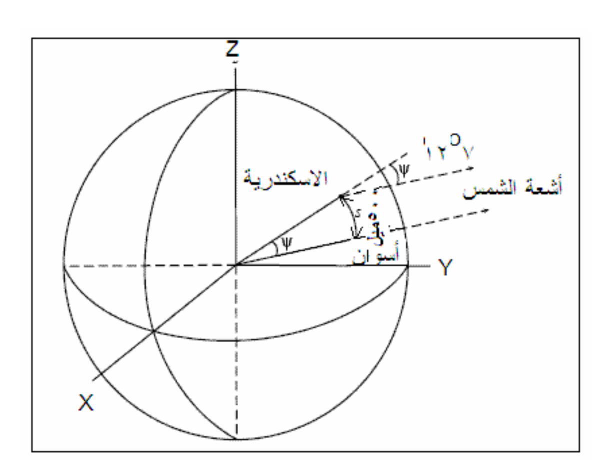
**١٠٠ قبل الميلاد**



**شكل (١-٦) تصور الأرض كقرص من اليابسة يطفو فوق سطح المياه**

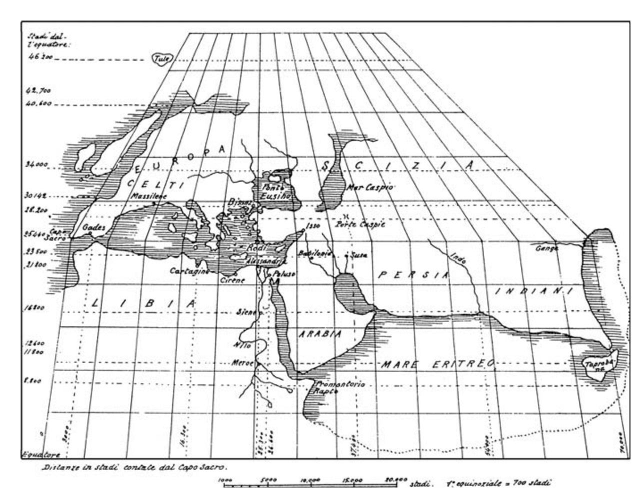
يعتمد رسم الخريطة علي معرفة شكل الأرض و حجمها حيث أن الخريطة ما هي إلا رسم مصغر للأرض أو جزء منها. لذلك أسهم الرياضيون و الفلكيون إسهاما علميا كبيرا في علم الخرائط، وتعد تجربة العالم اليوناني ايراتوستين حوالي ٢٠٠ عام قبل الميلاد أول تجربة علمية لتقدير محيط الأرض باعتبار أنها كرة وليست قرص. لاحظ ايراتوستين أن الشمس في يوم ٢١ يونيو (حزيران) من كل عام تكون مرئية في مياه بئر بمدينة أسوان ، أي أنها تكون عمودية تماما في هذا الموقع ، وبعد ذلك أفترض أن مدينة الإسكندرية تقع إلي الشمال مباشرة من مدينة أسوان. ثم قام بقياس زاوية ميل أشعة الشمس عند الإسكندرية ووجدها ٧.٢ درجة ، وقدر أن هذا الجزء – بين الإسكندرية و أسوان – يعادل ٥٠/١ من الدائرة التي تمثل الأرض (شكل ١-٧). وبعد ذلك قام بقياس المسافة بين كلا المدينتين فكانت حوالي ٥٠٠٠ أستاديا (وحدة قياس المسافات في ذلك الوقت) أي ما يعادل ٥٠٠ ميل أو ٨٠٠ كيلومتر، ومن ثم تمكن هذا العالم من حساب محيط الأرض (٥٠ ضعف المسافة المقاسة بين أسوان و الإسكندرية) ليكون

في تقديره حوالي ٢٥٠٠٠ ميلا. ومن المذهل أن نعرف أن هذه التجربة الجيوديسية في ذلك الزمن البعيد و باستخدام آلات بدائية لم تكن بعيدة إلا قليلا عن طول محيط الأرض الذي نعرفه اليوم وهو ٢٤٩٠١ ميلا.




**شكل (١-٧) تجربة العالم ايراتوستين لتقدير محيط الأرض**

وبعد ذلك وتقريبا في عام ١٥٠ قبل الميلاد تمكن عالم الرياضيات اليوناني أبرخش (أو هيبارخوس) من وضع أول نظام إحداثيات للخرائط حيث قسم الأرض الي شبكة من الخطوط العرضية و الطولية علي مسافات متساوية بناءا علي الحسابات الفلكية.




**شكل (١-٨) خريطة أبرخش ١٥٠ قبل الميلاد: أول خريطة لها نظام إحداثيات**

**١-٣ خرائط الحضارة الإسلامية**

عنـي الـدين الإسـلامي الحنيف منذ بدايتـه بـالعلم علـي اختلاف أنواعـه و مذاهبـه وحث المسلمين علـي الـتعلم و طلـب العلـم مهمـا بعـد المكـان. ومـع ازديـاد رقعـة الدولـة والحـضارة الإسلامية أهتم علماء المسلمين بعلوم الخرائط و الجغرافيا و الفلك و الرياضيات، فقاموا أولا بترجمة الكتب والنظريات الجغرافية السابقة إلي اللغة العربية ثم قاموا بالإبداع العلمـي و تطـوير هذه الأسس بـصورة علمية دقيقة للغاية. فقد قـام العـالم الإسـلامي الكبيـر "محمـد بـن موسـي الخـوارزمي" بوضـع الأسس الرياضية لعلم الجغرافيا فـي كتابـه "صـور الأرض" فـي النـصف الأول من القرن التاسع الميلادي. تجدر الإشارة إلي أن الحضارة الأوروبية قد أنصف إسـهامات هذا العالم الكبير وتخليدا لـه فقد تم إطلاق أسم خـوارزم Algorithm علـي عمليـة و خطـوات تطوير برامج الكمبيوتر. أيضا أهتم علماء المسلمين بالقياسات الدقيقة التـي من شـأنها زيـادة دقـة و جودة الخرائط المرسومة، فقاموا باختراع أول جهاز لقياس الزوايا و الاتجاهات وهو جهـاز الإسطرلاب. وبجمع قياسات فلكية عديدة و دقيقة للأجرام السماوية و أماكنها و حركاتها تمكن علماء المسلمين من صنع أول نموذج مجسم للكرة السماوية مما أدي لتأسيس قواعد علمية جديدة لعلم الفلك.





**جهاز الإسطرلاب لقياس الاتجاهات** **نموذج مجسم للكرة السماوية**

**شكل (١-٩) من ابتكارات علماء المسلمين في الخرائط و الفلك**

أيضا قام "أبو زيد أحمد بن سهل البلخي" بإعداد أطلس يضم مجموعة من الخرائط وهو المعروف باسم أطلس البلخي أو أطلس الإسلام. وفي المراجع العلمية و كتب تاريخ الخرائط أطلق الجغرافيين مصطلح "مدرسة البلخي" علي عدد كبير من صناع الخرائط في الحضارة الإسلامية لما تميز به هذا العالم الجليل من ابتكارات علمية ورؤية دقيقة لعملية رسم الخرائط، واستمرت هذه المدرسة عدة قرون. أما أشهر صناع الخرائط المسلمين فهو "أبو حسن علي المسعودي" والذي تعتبر خريطته أدق الخرائط العربية التي تحدد معالم العالم في ذلك الوقت، وأيضا العالم الكبير احمد بن عبد الله الإدريسي - في النصف الأول من القرن الثاني عشر الميلادي - والذي يعد كتابه "نزهة المشتاق في أخبار الآفاق" من أعمدة الكتب الجغرافية النفيسة وأحتوي الكتاب علي خريطته الشهيرة للعالم. كما دأب علماء المسلمين علي وضع جداول تحدد المواقع الجغرافية (خطوط الطول و العرض) للمعالم الجغرافية حتى يمكن استخدام هذه "الإحداثيات" في إعداد الخرائط و في الترحال في الدولة الإسلامية المترامية الأطراف، وكانت هذه الجداول النصية من أهم الابتكارات الجغرافية للحضارة الإسلامية. أيضا ابتكر علماء المسلمين ما يعرف الآن باسم "الخرائط المناخية" حيث كانوا يقسمون المناطق الجغرافية الظاهرة علي الخرائط الي نطاقات مناخية. وبالإضافة لذلك فقد أسهم علماء المسلمين إسهامات علمية كبيرة في ابتكار معادلات و قوانين رياضية جديدة في علم المساحة و الجيوديسيا (علم القياسات علي سطح الأرض) وخاصة العالم الكبير أبو الريحان محمد بن أحمد البيروني الذي كان له انجازات قوية في تحديد الإحداثيات الدقيقة (خطوط الطول و العرض) للمواقع الجغرافية علي الأرض وذلك في القرن الحادي عشر الميلادي (القرن الخامس الهجري)، و ظلت نظرياته العلمية مطبقة حول العالم حتى مطلع القرن السابع عشر الميلادي (القرن الحادي عشر الهجري).



**خريطة العالم للإصطخري**

**تقريبا ٥٨٨هـ / ١١٩٣م**



**خريطة العالم للإدريسي**

**تقريبا ٥٦٦ هـ / ١١٧٠ م**



**خريطة العالم للقزويني**

**في القرن ٩ هـ / القرن ١٥ ميلادي**



**خريطة العالم لابن السعيدي**

**تقريبا ٩٧٨ هـ / ١٥٧٠ م**

**شكل (١-١٠) بعض الخرائط الإسلامية القديمة**

## ١-٤ خرائط الحضارة الأوروبية

مع بدء عصر النهضة في أوروبا تم ترجمة الكتب العربية إلي اللغات الأوروبية ومن ثم انتقلت أسس الجغرافيا والخرائط التي سادت الحضارة الإسلامية إلي أوروبا، وبدأ العلماء في تحسين الخرائط القديمة وإضافة المعالم والمناطق الجغرافية التي لم تكن معروفة سابقا وتوالت ظهور الخرائط في الدول الأوروبية فيما بين عامي ١٤٢٥م و ١٤٦٠م. وظهرت الطباعة في هذه الفترة مما ساعد علي إنتاج مئات بل آلاف الخرائط بسهولة لم تكن معروفة فيما قبل حيث كانت الخرائط تعتمد علي الرسم اليدوي. ويعد "جيرار ميريكاتور" من أشهر علماء الكارتوجرافيا في أوروبا بعد بطليموس حيث صنع خريطة لأوروبا في عام ١٥٥٤م وأعقبها بنشر خريطته للعالم في عام ١٥٦٩م (٩٧٦ هـ) ثم ظهر الجزء الأول من الأطلس الذي قام بإعداده في عام ١٥٨٥م.



عام ١٤٨٢ م (٨٨٧ هـ)

عام ١٥٦٥ م (٩٧٢ هـ)



عام ١٦٦٤ م (١٠٧٤ هـ)



عام ١٧١٦ م (١١٢٨ هـ)

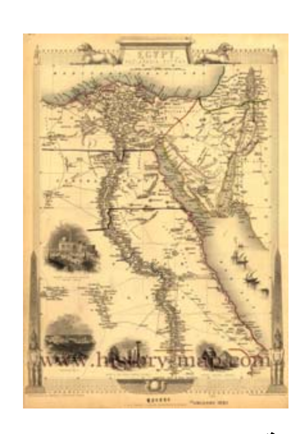


عام ١٨٠٨ م (١٢٢٣ هـ)

**شكل (١-١١) نماذج للخرائط التاريخية للعالم**



**خريطة عام ١٦٦٦م (١٠٧٦ هـ)**
**لشبة الجزيرة العربية**

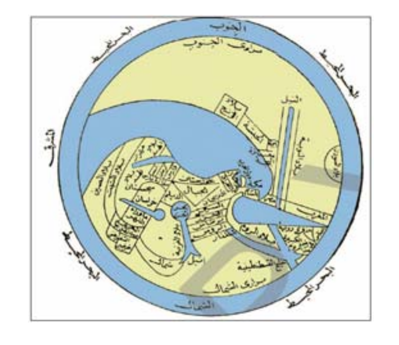


**خريطة عام ١٨٥١ م (١٢٦٧ هـ)**
**لمصر**

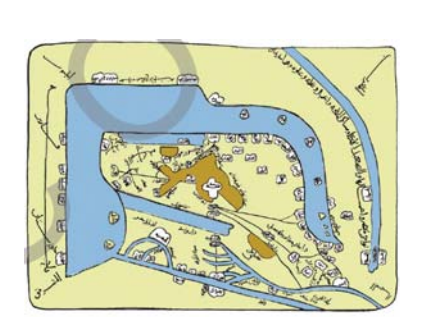
**شكل (١-١٢) نماذج للخرائط التاريخية للعالم العربي**

## ١-٥ مكة المكرمة في الخرائط القديمة

ظهرت مدينة مكة المكرمة في خرائط بطليموس وتحديدا في الخريطة السادسة من خرائط قارة آسيا في كتابه "الجغرافيا" حيث ظهرت مكة المكرمة باسم ماكورابا Macoraba وعرفها ضمن نص الكتاب علي أنها مدينة مقدسة. أما الخرائط الإسلامية – مثل الخريطة المأمونية للعالم التي وضعت في عهد الخليفة المأمون في القرن الثاني الهجري (التاسع الميلادي) – فقد اعتمدت علي وضع مكة المكرمة في مركز الخريطة احتراما لقدسيتها و موقعها في قلوب المسلمين. أيضا ظهرت مكة المكرمة في وسط خريطة أبو إسحاق الاصطخري حيث لم يذكر من أسماء المدن إلا مكة المكرمة لقدسيتها. ومن أقدم الخرائط التفصيلية لمدينة مكة المكرمة خريطة الرحالة السويسري "بوركهارت" في عام ١٨١٤م (١٢٢٩ هـ) و الخريطة التي أنشأتها هيئة أركان الجيش العثماني في عام ١٨٨٠م (١٢٩٨ هـ) بمقياس رسم ١: ٢٠٠٠ وتمثل تفاصيل معالم المدينة المقدسة من شوارع و أزقة و مباني والقلاع العسكرية التي تحيط بالمدينة. وفي عام ١٩٦٤م (١٣٨٤ هـ) بدأ إنتاج الخرائط المعتمدة علي التصوير الجوي وتم إنتاج عدة خرائط بمقاييس رسم مختلفة للمدينة المقدسة. كما قامت الإدارة العامة للمساحة العسكرية بوزارة الدفاع والطيران ومنذ عام ١٩٨٥م (١٤٠٦ هـ) بتطوير عدة خرائط طبوغرافية لمكة المكرمة.



**الاصطخري القرن ٢ هجري**



**ابن حوقل القرن ٣ هجري**




**عام ١٨١٤ م (١٢٢٩ هـ)**



**عام ١٨٨٠ م (١٢٩٨ هـ)**

**شكل (١-١٣) نماذج للخرائط التاريخية لمدينة مكة المكرمة**

## ١-٦ عوامل تطور الخرائط الحديثة

تميزت صناعة الخرائط مع بداية القرن التاسع عشر الميلادي بالدقة مع قيام الدول بإجراء عمليات مساحية (قياسات) منتظمة لقياس معالم سطح الأرض وذلك مع بدء الحكومات في الاعتماد علي الخرائط في مجالات الإدارة والحكم وإدارة الموارد الطبيعية. وساعدت عدة عناصر علي تطور الخرائط في العصر الحديث و منها:

(١) تطور الطباعة: أخترع العالم الألماني جوهانس جوتنبرج عملية الطباعة في عام ١٤٤٥م (٨٨٤ هـ)، وظهرت أول خريطة مطبوعة في عام ١٤٧٢م. ومع ظهور أولي الماكينات المخصصة لطباعة الخرائط علي مستوي تجاري في عام ١٧٩٦م (١٢١٠ هـ) أصبح إنتاج الخرائط أكثر سهولة و يسر مما ساعد علي انتشار الاعتماد علي الخرائط في الكثير من التطبيقات.



**شكل (١-١٤) أول ماكينة طباعة خرائط في عام ١٧٩٦م**

(٢) التصوير الجوي: عرف الإنسان فكرة التصوير الفوتوغرافي بصفة عامة منذ فترة طويلة جدا (قبل الميلاد) إلا أن أول صورة فوتوغرافية بالمعني المعروف تم إنتاجها في فرنسا في عام ١٨٢٦م (١٢٤١ هـ) علي يد جوزيف نيبيس Joeswph Niepce. وفي عام ١٨٥٩م قام المهندس الفرنسي لويزداه Laussedat بعمل أول تجربة لالتقاط صور من الجو من خلال كاميرا موضوعة في منطاد (بالون) وعمل خرائط منها لأجزاء من مدينة باريس. و مع اختراع الطائرة علي يد الأخوان رايت Wright في عام ١٩٠٣م (١٣٢٠ هـ) بدأت فكرة وضع الكاميرا في الطائرات بهدف رسم خريطة - لمنطقة كبيرة - من هذه الصور. وأخذت أول صورة من طائرة في احدي مناطق ايطاليا في عام ١٩٠٩م. وبهذا دخلت الخرائط منعطفا تقنيا جديدا كان له أبلغ الأثر في تطورها وذلك باستخدام الصور الجوية كوسيلة تقنية لإظهار كافة

المعالم الجغرافية في منطقة محددة و من ثم إنتاج خريطة دقيقة لهذه البقعة الجغرافية. وبذلك فيعد الاعتماد علي التصوير الجوي في إنشاء الخرائط من أهم أسباب تطور صناعة الخرائط في القرن العشرين حيث توفر الصور الجوية كما هائلا من البيانات المكانية في وقت سريع و بتكلفة مناسبة.

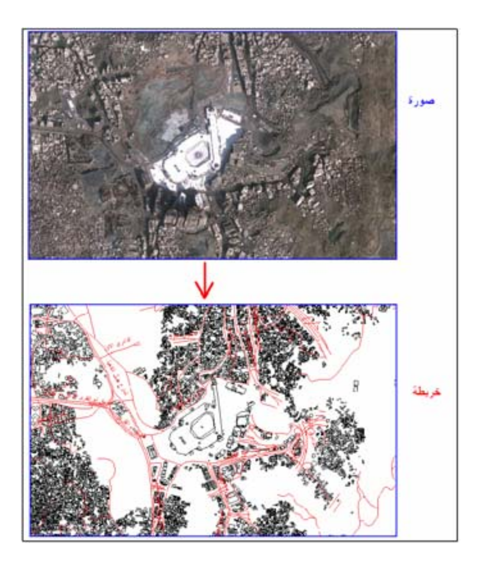
(٣) الحاسبات الآلية: مع اختراع الكمبيوتر في نهاية الخمسينات من القرن العشرين الميلادي قفز علم إنتاج الخرائط خطوات واسعة في عمليات القياس من الصور الجوية ومن ثم إنتاج خرائط منها.

(٤) تطور أجهزة المساحة: تعد القياسات المساحية المصدر الأول و الأساسي لتجميع البيانات الجغرافية اللازمة لإنتاج الخرائط، وكلما تطورت أجهزة القياسات المساحية ساعد ذلك علي سرعة و دقة و جودة إنتاج الخرائط. ومع منتصف القرن العشرين الميلادي شهدت الأجهزة المساحية ثورة تقنية هائلة وخاصة مع تطوير تقنيات الرصد بالاعتماد علي الأقمار الصناعية ومنها النظام العالمي لتحديد المواقع Global Positioning System والمعروف اختصارا باسم الجي بي أس GPS. وبدمج تقنية الجي بي أس مع الحاسبات الآلية في إطار واحد ظهرت تطبيقات تعرف باسم "الخرائط المحمولة أو الخرائط الالكترونية Portable Maps or eMaps" وانتشرت بشدة في السنوات الأخيرة علي أجهزة الهاتف المحمول (الجوال).




**شكل (١-١٥) نموذج للخرائط الالكترونية المحمولة**

(٥) الأقمار الصناعية: مع ظهور الأقمار الصناعية في ١٩٥٧م (١٣٧٦ هـ) بدأ وضع كاميرات عالية الدقة بها لتصوير معالم سطح الأرض بقدرة وضوح عالية ومن ثم بدأ ظهور ما يمكن أن نطلق عليه علم التصوير الفضائي Satellite Photogrammetry أو ما يعرف الآن باسم الاستشعار عن بعد Remote Sensing.




**شكل (١-١٦) إنتاج الخرائط من الصور الجوية و المرئيات الفضائية**

# الفصل الثاني

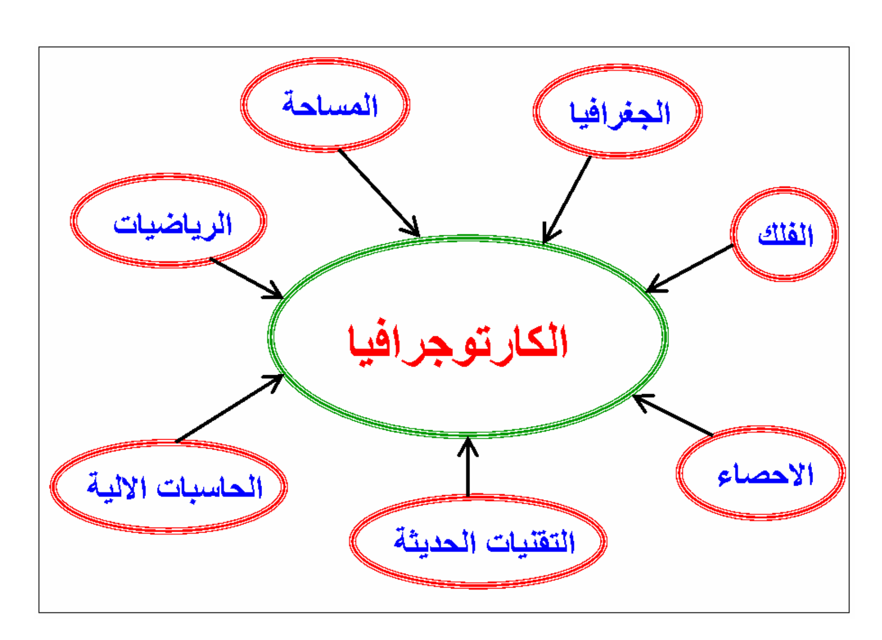
# الكارتوجرافيا

## ٢-١ علم الكارتوجرافيا

تتكون الكلمة اللاتينية "كارتوجرافيا Cartography" من مقطعين: "كارتو" بمعني خريطة و "جرافيا" بمعني رسم، وبذلك فأن مصطلح الكارتوجرافيا (الذي ظهر في عام ١٨٤٩م علي يد العالم البرتغالي مانويل سوسا Manuel Francisco e Sousa) يعني رسم أو صناعة الخرائط ويكون علم الكارتوجرافيا هو علم صناعة الخرائط، ويطلق علي المشتغل بصناعة الخرائط اسم الكارتوجرافي.

يعتمد علم الكارتوجرافيا علي عدد من العلوم الأساسية التي تدخل في عمليات القياس علي سطح الأرض ورسم هذه البيانات علي الخريطة لتكون تمثيلا مصغرا للواقع الجغرافي. إن أولي هذه العلوم التي يجب علي الكارتوجرافي الإلمام بها هو علم الجغرافيا بما أن الخريطة في حد ذاتها ما هي إلا تمثيل مصغر للمعالم الجغرافيا الموجودة علي سطح الأرض. أما ثاني هذه العلوم التي يجب علي الكارتوجرافي الإلمام بها فهو علم المساحة حيث أنه العلم الذي يختص بإجراء القياسات (الأطوال و المسافات و المساحات) علي سطح الأرض بدقة تتناسب مع دقة الخريطة المطلوب إعدادها. وحيث أن الخريطة تمثل رسما مصغرا لسطح الأرض و ما يحتويه من معالم فهناك الكثير من المعادلات الرياضية التي يتطلبها إعداد الخريطة، ومن ثم فأن الكارتوجرافيا تعتمد علي علم الرياضيات بصورة كبيرة. أيضا من الضروري للكارتوجرافي أن يلم بأسس علم الإحصاء حيث أن إعداد بعض أنواع الخريطة كثيرا ما يحتوي علي الكثير من البيانات الإحصائية المطلوب تمثيلها. وقديما كان تحديد المواقع لأي معلم جغرافي علي الأرض يتم من خلال الأرصاد الفلكية مما جعل الإلمام بأسس علم الفلك من واجبات الكارتوجرافي أيضا. لكن تغير هذا الوضع في العقود القليلة الماضية حيث أصبح تحديد المواقع يتم من خلال استخدام تقنيات الرصد علي الأقمار الصناعية والتي أصبح الإلمام بأسسها من واجبات الكارتوجرافي الحديث. كما أصبح إعداد و تصميم الخرائط في العصر الحالي يعتمد علي الحاسبات الإلية و برامجها المتخصصة بحيث أنه صار مطلبا رئيسا أن يتعلم الكارتوجرافي أسس الحاسبات الإلية و استخدامها بحرفية. وبالإضافة لذلك فعلي الكارتوجرافي أن يجيد التعامل مع الأجهزة التقنية الحديثة ومنها علي سبيل المثال الراسمات Plotters و الطابعات Printers و الماسحات الضوئية Scanners.

و تتعدد مهام الكارتوجرافي لتشمل: (١) الرسم: رسم المعالم و المظاهر الجغرافية بكل دقة، (٢) تمثيل المظاهر الجغرافية الموجودة علي الأرض المجسمة تمثيلا دقيقا علي سطح مستوي وهو الخريطة، وهذا ما يطلق عليه الإسقاط، (٣) اختيار المعالم المناسبة و حذف المعالم غير المناسبة للخريطة وهو ما يطلق عليه اسم التعميم، (٤) تصميم الخريطة في أنسب صورة ممكنه بحيث تؤدي الغرض منها بيسر و سلاسة لقارئ الخريطة. والنقطة الأخيرة هامة جدا وهي التي أدت الي أن يعرف البعض الكارتوجرافيا علي أنها "علم و فن صناعة الخرائط"، فهو علم قائم علي أسس و نظريات كما أنه فن تصميم الخريطة و إظهارها في أفضل و أنسب صورة. فعلي سبيل المثال كلما كانت ألوان الخريطة متناسقة و متجانسة في مظهرها كلما كانت مريحة لعين القارئ مما يساعد علي قراءتها و تحليلها واستنباط المعلومات منها بسهولة و يسر.




**شكل (٢-١) الكارتوجرافيا و العلوم المرتبطة بها**

## ٢-٢ تعريف الخريطة

تتعدد تعريفات كلمة "خريطة" بسبب تعدد استخدامات الخرائط في العديد من المجالات العلمية و العملية، وكل تخصص يستخدم الخريطة يقدم لها تعريفا طبقا لوجهة نظره و كيفية استخدامه لها، حيث لم تعد الخريطة ذات طابع جغرافي فقط (مع أن الجغرافيين هم أكثر من يستخدمون الخرائط بصفة عامة) فقد ظهرت في السنوات الأخيرة خرائط للمجرات السماوية و خرائط لكوكب المريخ و خرائط للمخ البشري ....الخ. ومن الطريف أن أحد الباحثين في مقال له بأحدي المجلات العلمية قد قام بحصر ٣٢١ تعريفا مختلفا للخريطة تم استخدامهم فيما بين

عامي ١٦٤٩ و ١٩٩٦م. لكن التعريف البسيط للخريطة المنتشر في معظم المراجع والقواميس هو:

الخريطة هو رسم دقيق لسطح الأرض أو جزء منه باستخدام مقياس رسم مصغر وطريقة رياضية للإسقاط يظهر الحقائق الجغرافية.

أما قاموس جامعة أكسفورد الذائع الصيت عالميا فيقدم تعريف أكثر اتساعا و شمولا للخريطة كالتالي:

الخريطة هي رسم مصغر لسطح الأرض (أو السماء ) أو جزء منه يظهر المعالم الطبيعية و السياسية ... الخ ، مرسوما علي سطح مستوي من الورق أو مواد أخري حيث تمثل كل نقطة علي هذا الرسم موقعا جغرافيا أو سماويا محددا وذلك بناءا علي مقياس رسم و طريقة إسقاط.

ومن تعريفات الخريطة أيضا ما يلي:

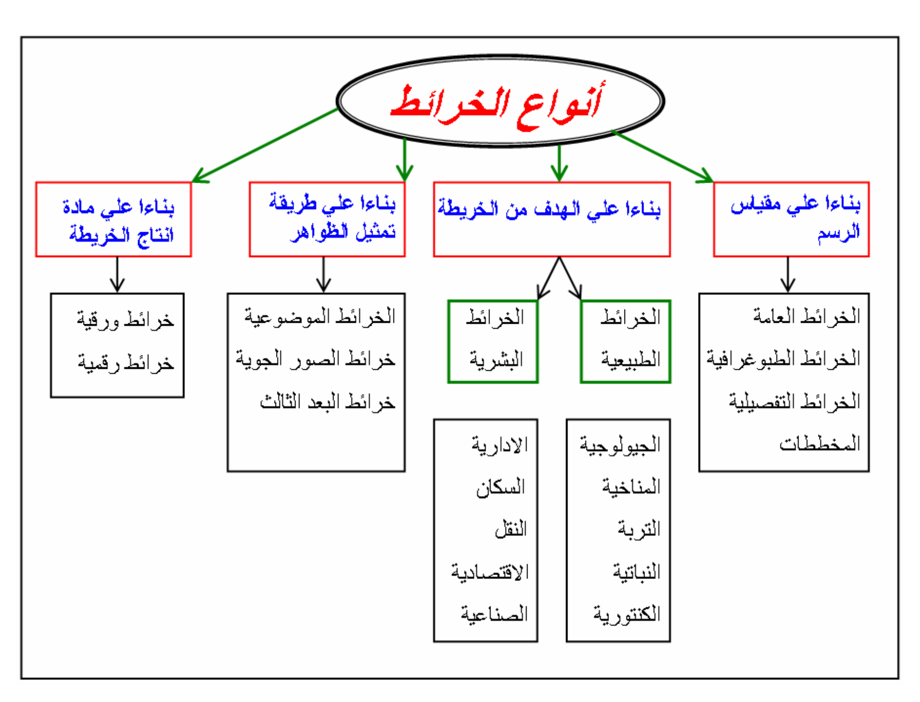
- الخريطة هي وسيلة بالرسم لتبادل المعلومات المفيدة
- الخريطة هي وعاء لحفظ المعلومات توضع فيه و تؤخذ منه
- الخريطة هي تمثيل بالرسم للعلاقات والتكوينات المكانية
- الخريطة هي تمثيل بالرسم للمعالم الجغرافية علي سطح الأرض وذلك علي سطح مستوي
- الخريطة هي لغة خاصة تعتمد علي الرموز (بدلا من الأحرف) لاختصار المعلومات المكانية
- الخريطة هي تمثيل علي سطح مستوي (غالبا ورقة) للمعالم الموجودة علي سطح الأرض أو جزء منه مرسومة بمقياس محدد
- الخريطة هي تلخيص للواقع الحقيقي يهدف الي تحليل و تخزين و نقل المعلومات عن الأماكن و العلاقات بين الظواهر الطبيعية و البشرية الموزعة علي سطح الأرض

ويمكن جمع أكثر من تعريف في إطار جغرافي واحد للخريطة بحيث تكون:

***الخريطة هي نموذج (أو رسم) مصغر لسطح الأرض أو جزء منه مبني علي أساس رياضي خاص ويظهر حالة و توزيع و العلاقات بين المعالم الطبيعية و البشرية و الاقتصادية باستخدام رموز خاصة منتقاة طبق لوظيفة كل خريطة.***

## ٢-٣ أنواع الخرائط

تتعدد أنواع الخرائط بصورة كبيرة جدا نظرا لأهميتها و تعدد استخداماتها في المجالات العلمية و التطبيقات العملية بصورة كبيرة. ومن الممكن القول أنه تقريبا لا يوجد الآن تخصص علمي لا يستخدم نوعا من أنواع الخرائط بصورة أو بأخرى. ومع ذلك فيمكن - بصورة عامة - وضع تقسيمات للخرائط بناءا علي أربعة عناصر: مقياس الرسم، الهدف من الخريطة، طرق تمثيل الظواهر، المادة المتوفر عليها الخريطة.




**شكل (٢-٢) أنواع الخرائط**

### ٢-٣-١ أنواع الخرائط بناءا علي مقياس الرسم:

يعرف مقياس الرسم - بصورة مبسطة - بأنه نسبة تصغير الواقع الحقيقي على الخريطة، فلا يمكن رسم المنطقة الجغرافية بنفس أبعادها الحقيقية علي الخريطة. وكمثال إذا كان لدينا طريق علي الأرض طوله الحقيقي خمسة كيلومترات ورسمناه علي الخريطة كخط طوله خمسة سنتمترات فأن مقياس الرسم هنا يصبح أن كل سنتيمتر علي الخريطة يمثل أو يساوي واحد كيلومتر علي الطبيعة. والعلاقة بين قيمة مقياس الرسم و مساحة المنطقة الجغرافية الممثلة علي الخريطة هي علاقة عكسية، بمعني أنه كلما كبرت مساحة المنطقة الجغرافية كلما صغر مقياس رسم الخريطة وكلما صغرت مساحة المنطقة الجغرافية كلما كان مقياس الرسم أكبر. ولأهمية مقياس الرسم في الخرائط و تعدد تطبيقاته فسيتم إفراد فصل مستقل له.

طبقا لمقياس رسم الخريطة فيمكن تصنيف أو تقسيم أنواع الخرائط الي عدة أقسام تشمل:

الخرائط العامة: ويطلق عليها أيضا اسم الخرائط الجغرافية والخرائط الأطلسية، وهي خرائط صغيرة المقياس (أي أنها تمثل مساحات كبيرة من سطح الأرض) تستخدم لتمثيل الدول و القارات. وإذا استخدمت الخريطة العامة لتمثيل العالم كله فتسمي الخرائط العالمية، ومن أشهر أنواع الخرائط العامة ما يطلق عليه الخرائط المليونية والتي يكون مقياس رسمها أن كل وحدة علي الخريطة تمثل مليون وحدة علي الطبيعة. وحيث أن الخريطة العامة تمثل جزء كبير من سطح الأرض فأنها لا تتسم بإظهار أية تفاصيل المعالم الجغرافية فهي تبرز فقط المعالم المكانية الرئيسية الموجودة في هذه المنطقة الجغرافية. وغالبا تستخدم هذه الخرائط كوسائل تعليمية أو كوسائل إيضاح أو في الأطالس و الكتب الدراسية.

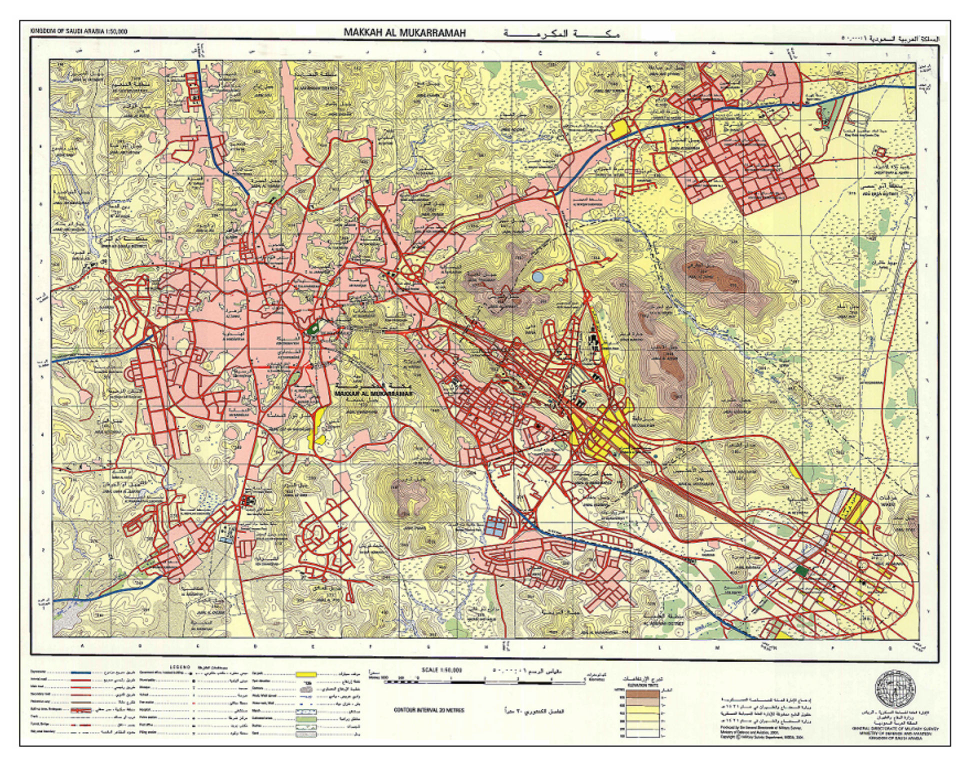
الخرائط الطبوغرافية: وهي خرائط متوسطة مقياس الرسم حيث أنها تمثل مساحات أو مناطق جغرافية متوسطة المساحة (مدينة مثلا) كما أنها تشتمل علي تفاصيل أكثر من تلك الموجودة في الخرائط العامة. وغالبا تظهر في الخرائط الطبوغرافية معالم تفصيلية للظاهرات الطبيعية و البشرية مثل البحيرات و الأنهار و الغابات و الكثبان الرملية و المدن و طرق المواصلات والأودية ...الخ. وهذا النوع من الخرائط هو الأكثر استخداما من قبل الجغرافيين و المخططين.

الخرائط التفصيلية: وهي خرائط تبرز تفاصيل المنطقة الجغرافية الممثلة علي الخريطة (ومن هنا جاء أسمها) ولذلك يكون مقياس رسمها كبير لحد ما. ويمكن ملاحظة التفاصيل في هذا النوع من الخرائط حيث تظهر التقسيمات العقارية والأحياء و الخدمات وشبكات النقل و المواصلات في خرائط المدن، وأيضا التقسيمات والملكيات الزراعية لخرائط الأرياف. كما يطلق علي هذا النوع من الخرائط اسم الخرائط الكادسترالية حيث أن كلمة "كادسترال Cadastre" في اللغة الانجليزية تعني تفاصيل الملكيات. وأكثر من يستخدم هذا النوع من الخرائط هم مسئولو البلديات والمحافظات و أمانات المدن في التطبيقات التخطيطية المتعلقة بالمدن و القري.

المخططات: وهي نوع من أنواع الخرائط التي تتسم بظهار كافة التفاصيل في منطقة صغيرة جدا، أي أنها خرائط كبيرة المقياس جدا. وغالبا فأن المهندسين هم أكثر من يستخدم هذه المخططات.



شكل (٢-٣) خريطة عامة للمملكة العربية السعودية



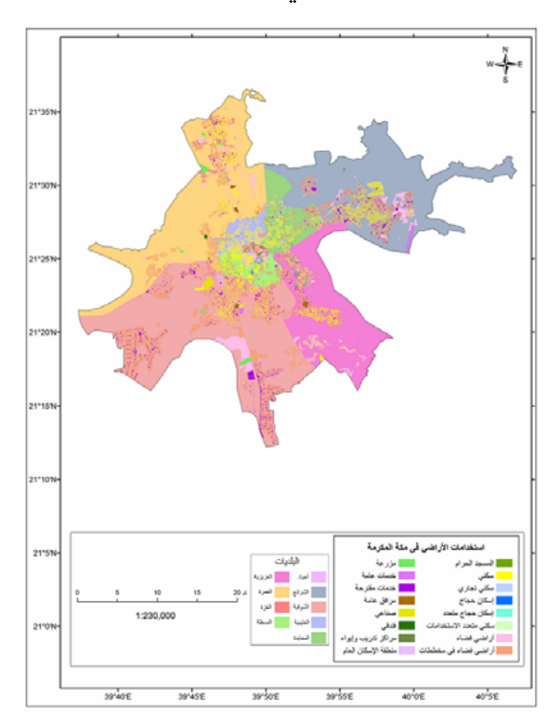
شكل (٢-٤) خريطة طبوغرافية لمدينة مكة المكرمة

## ٢-٣-٢ أنواع الخرائط بناءا على الهدف من الخريطة:

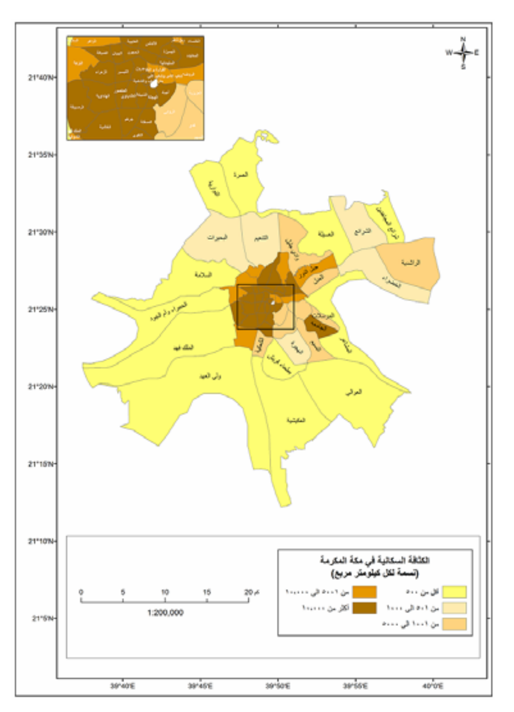
تصنف الخرائط طبقا للهدف أو الغرض الذي أنِشأت من أجله الي مجموعتين رئيستين وهما الخرائط الطبيعية و الخرائط البشرية. ويختلف مقياس رسم كل خريطة طبقا لمساحة المنطقة الجغرافية الممثلة عليها، أي أن هذا التقسيم أو التصنيف للخرائط لا يعتمد علي مقياس رسم الخريطة.

الخرائط الطبيعية: تتناول تمثيل المظاهر الجغرافية الطبيعية الموجودة علي سطح الأرض، وغالبا فأن كل خريطة تهتم بإبراز تفاصيل نوع واحد من المظاهر الطبيعية. ومن أمثلة الخرائط الطبيعية: الخرائط الجيولوجية، الخرائط المناخية، الخرائط النباتية، خرائط التربة، الخرائط الكنتورية (التضاريسية).

الخرائط البشرية: وهي التي تتناول تمثيل المظاهر الجغرافية البشرية الموجودة علي سطح الأرض. ومن أمثلة الخرائط البشرية: الخرائط السياسية التي تحدد الحدود السياسية بين الدول، والخرائط الإدارية التي تحدد الحدود بين المناطق الإدارية مثل المحافظات و المراكز، وخرائط شبكات النقل و المواصلات، و الخرائط السكانية التي تبرز التوزيع المكاني للسكان والنمو السكاني والهجرة السكانية، والخرائط الاقتصادية، والخرائط الصناعية، والخرائط التعدينية، والخرائط الزراعية التي تمثل التركيب المحصولي ومناطق التوسع الزراعي، وخرائط التربة.



استخدامات الأرض في مدينة مكة المكرمة



الكثافة السكانية في مدينة مكة المكرمة

**شكل (٢-٥) نماذج للخرائط الطبيعية و البشرية**

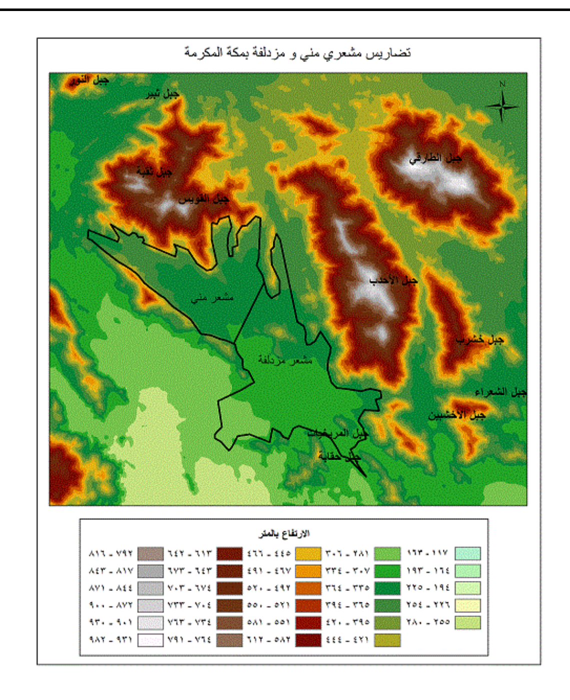
## ٢-٣-٣ أنواع الخرائط بناءا على طرق تمثيل الظاهرات:

يمكن أيضا تصنيف الخرائط طبقا للطرق المستخدمة في تمثيل المظاهر الممثلة علي الخريطة، وفي هذا التقسيم للخرائط نجد الخرائط الجوية و خرائط البعد الثالث و الخرائط الموضوعية.

الخرائط الجوية أو خرائط الصور الجوية: بالرغم من وجود بعض الاختلافات العلمية بين الخريطة و الصورة الجوية (الملتقطة بكاميرا مثبتة في طائرة) إلا أن الصورة الجوية في حد ذاتها تمثل نوعا من الخرائط التي تبرز - بمقياس رسم محدد - جميع الظواهر و المعالم الجغرافية في منطقة من سطح الأرض. ومن ثم فأن الصور الجوية المتجاورة لمنطقة مكانية معينة يمكن اعتبارها خريطة تفصيلية لهذه البقعة الجغرافية. فإذا تم تجميع عدة صور متجاورة لمنطقة فأن الصورة المجمعة يطلق عليها اسم الموزايك أو الفسيفساء، وهي تمثل أحد أنواع الخرائط. ومع انتشار تطبيقات التصوير من الفضاء بالأقمار الصناعية (تقنية الاستشعار عن بعد) فأنه يمكن أيضا استخدام المرئيات الفضائية في تطوير هذا النوع من الخرائط. ويختلف مقياس رسم هذا النوع من الخرائط باختلاف مقياس رسم الصور الجوية أو المرئيات الفضائية المستخدمة، فقد نجد خريطة جوية كبيرة المقياس لمدينة وأيضا نجد خريطة جوية صغيرة المقياس لمحافظة أو منطقة كبيرة من سطح الأرض.

خرائط البعد الثالث: وهي خرائط تهتم بإبراز و تمثيل البعد الثالث وهو الارتفاعات، حيث أن معظم الخرائط العادية لا تبرز إلا بعدين فقط (الطول و العرض أو س و ص) للمعالم الجغرافية الممثلة عليها. وتوجد عدة أنواع من خرائط البعد الثالث مثل الخرائط الكنتورية و الخرائط المجسمة.

الخرائط الموضوعية: تمثل الخريطة العامة كافة المعالم الجغرافية سواء الطبيعية أو البشرية الموجودة في منطقة مكانية محددة من سطح الأرض. إلا أننا نحتاج في بعض التطبيقات الي خريطة تهتم بإبراز تفاصيل نوع واحد معين من هذه المظاهر أو المعالم، وهذا النوع من الخرائط يسمي الخرائط الموضوعية حيث أن كل خريطة تهتم بموضوع واحد فقط، كما أنها أيضا تسمي بالخرائط الخاصة حيث أن كل خريطة تختص بظاهرة محددة، وأيضا تسمي بخرائط التوزيعات حيث أن هذه الخرائط تبرز توزيع ظاهرة معينة طبيعية كانت أم بشرية.







**شكل (٢-٦) نماذج لخرائط البعد الثالث**




**شكل (٢-٧) نموذج للخرائط الجوية**

٢-٣-٤ أنواع الخرائط بناءا على مادة إنتاجها:

ظلت الخريطة الورقية لمئات السنين هي النوع الوحيد لإنتاج و تمثيل الخرائط و رسمها علي قطعة من الورق. وفي منتصف القرن العشرين الميلادي و مع ابتكار الكمبيوتر أو الحاسوب ظهرت الخريطة الرقمية أو الخريطة الالكترونية. وكان هذا ثورة علمية هائلة في علم الكارتوجرافيا وصناعة الخرائط حيث أصبح رسم و تعديل و تصميم و تخزين و تحليل الخرائط يتم في صورة رقمية باستخدام برامج كمبيوتر متخصصة، وأصبحت الخريطة الرقمية عبارة عن ملفات الكترونية متاحة في صور متعددة مثل الأقراص المدمجة CD و وسائل التخزين المحمولة (الفلاش ميموري).

خلقت الخرائط الرقمية تحديا علميا للكارتوجرافيين في الوقت الحالي، فالكارتوجرافي يجب أن يتعامل مع أجهزة و برامج و تقنيات الخرائط الرقمية لما توفره من مميزات هائلة في السرعة و الدقة و الجودة لهذا النوع من الخرائط. بل أننا يمكننا القول أن معظم إن لم يكن كل الخرائط المنتجة الآن هي خرائط رقمية.

وتعدي الأمر ذلك بعد أن توافرت الخرائط (بكافة أنواعها) علي شبكة الانترنت مما يجعل الحصول علي أي خريطة لأي بقعة في العالم شيئا ميسورا. ومن أشهر تطبيقات الكمبيوتر في الخرائط الرقمية برنامج جوجل ايرث Google Earth وموقع ويكي مابيا علي شبكة الانترنت في الرابط:

http://wikimapia.org

وأيضا موقع خرائط نوكيا والتي أصبحت خرائط رقمية يمكن تحميلها علي أجهزة الهاتف المحمول (الجوال) في الرابط:

http://www.nokia.com/maps

كما قامت عدة جهات عربية بتطوير مواقع خرائطية تعرض الخرائط التفصيلية لمدينة معينة علي شبكة الانترنت، ومن أمثلة هذه المواقع:

مستكشف مدينة مكة المكرمة في الرابط:

http://maps.holymakkah.gov.sa/

مستكشف مدينة الرياض في الرابط:

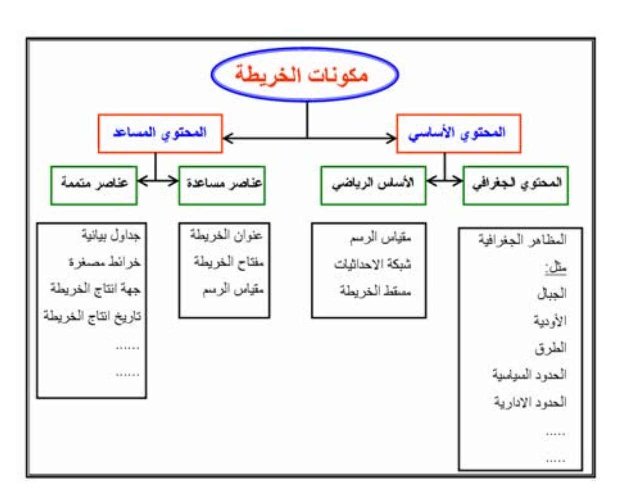
http://gis.alriyadh.gov.sa/riyadhexplorer/

مستكشف مدينة القاهرة في الرابط:

http://www.cairo.gov.eg/1.aspx

## ٢-٤ مكونات الخريطة

تتكون الخريطة من عدد من العناصر تساعد فيما بينها لإظهار تمثيل دقيقي و متناسق للمنطقة الجغرافية التي تمثل الخريطة صورة مصغرة لها. وبصفة عامة يمكن تقسيم عناصر أو مكونات الخريطة الي قسمين رئيسين: المحتوي الأساسي و المحتوي المساعد.




**شكل (٢-٨) مكونات الخريطة**

يتكون المحتوي الأساسي للخريطة من كلا من المحتوي الجغرافي و الأساس الرياضي، فالمحتوي الجغرافي يشمل المعالم و الظاهرات الجغرافية الطبيعية و البشرية الموجودة علي سطح الأرض وهذا هو أهم مكونات الخريطة. أما الأساس الرياضي فهو ما يميز الخريطة عن أي رسم آخر أو صورة أو اسكتش، فطبقا لتعريف الخريطة فهي تمثيل مصغر لسطح الأرض مبني علي أساس رياضي. ويتكون الأساس الرياضي للخريطة من ثلاثة عناصر وهي: مقياس الرسم و شبكة الإحداثيات و نوع الإسقاط، وسيتم الحديث عن كل عنصر منهم في فصل مستقل.

يتكون المحتوي المساعد للخريطة من جزأين أحدهما العناصر المساعدة أي التي تساعد القارئ علي فهم الخريطة و التعامل معها بسرعة، والثاني هو العناصر المتممة التي تمد القارئ بمعلومات إضافية عن الخريطة. ومن أمثلة العناصر المساعدة عنوان الخريطة الذي بمجرد النظر إليه يعطينا معلومة عن المنطقة الجغرافية التي تمثلها هذه الخريطة، و مفتاح الخريطة وهو شرح الرموز المستخدمة في الخريطة وما يمثله كل رمز من هذه الرموز، ومقياس الرسم. وقد يتساءل البعض عن كيفية اعتبار مقياس الرسم من الأساسيات الرياضية للخريطة مرة و اعتباره من العناصر المساعدة مرة أخري. فاستخدام مقياس الرسم أثناء رسم الخريطة هو من

أساسيات الخرائط كما يدل تعريف الخريطة، بينما إظهار قيمة أو شكل مقياس الرسم المستخدم علي الخريطة ذاتها فهذا من العناصر التي تساعد القارئ علي معرفة قيمة هذا المقياس بسرعة. وتجدر الإشارة الي أن عدم وجود شكل أو قيمة مقياس الرسم علي الخريطة لا يمنعنا من استخدام الخريطة حيث أننا يمكننا استنباط (حساب) قيمة مقياس الرسم من شبكة الإحداثيات الموجودة علي الخريطة علي سبيل المثال. أما العناصر المتممة في المحتوي المساعد للخريطة فتشمل أية إضافات تعطي معلومات أكثر عن هذه الخريطة مثل الجهة التي أنتجت هذه الخريطة و كذلك تاريخ أو سنة إنتاج الخريطة وأيضا بعض الجداول الإحصائية والأشكال البيانية عن الظاهرات الممثلة علي الخريطة وأحيانا يكون من الأسهل وضع خريطة مصغرة تدل علي الموقع الجغرافي العام للمنطقة الممثلة علي الخريطة.

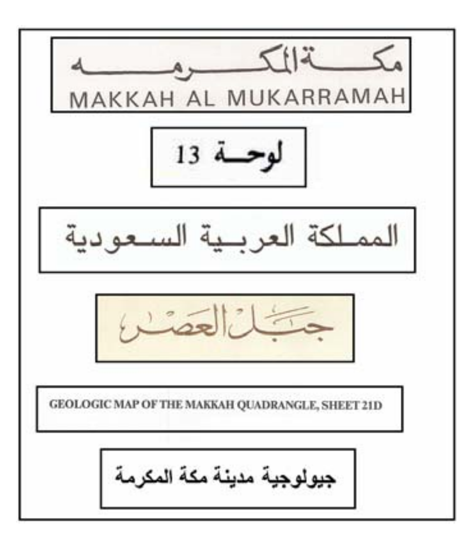



**شكل (٢-٩) نموذج لمكونات الخريطة**

## ٢-٥ أساسيات الخريطة

توجد عدة عناصر يجب إظهارها علي الخريطة لتسهل للقارئ استخدام الخريطة و استنباط ما بها من معلومات مكانية بسرعة و سهولة. ومن أهم أساسيات الخريطة خمسة عناصر تشمل: اسم الخريطة، مقياس الرسم، اتجاه الشمال، شبكة الإحداثيات، مفتاح الخريطة. وسنتناول بعض هذه العناصر هنا بصورة إجمالية علي أن يتم التعامل مع كلا منها بالتفصيل في الفصول القادمة.

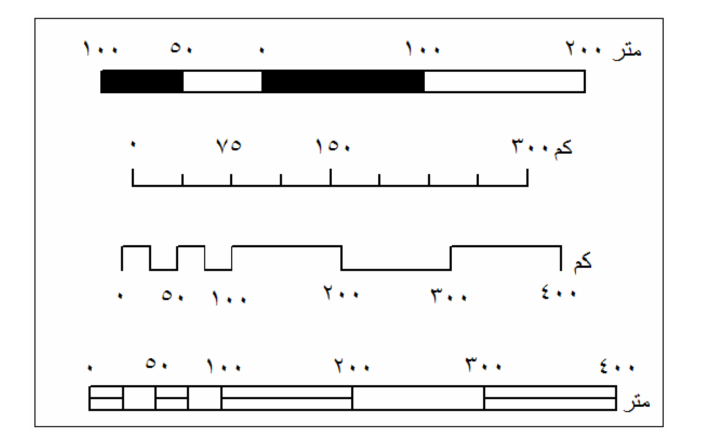
عنوان أو اسم الخريطة: في الخرائط العامة (الخرائط الجغرافية) يتم اختيار اسم الخريطة باسم أهم معلم جغرافي طبيعي موجود بها، مثل المدن و القري. أما للخرائط الموضوعية أو الخرائط الخاصة فأن اسم الخريطة يعبر عن موضوعها أو الظاهرة الأساسية الممثلة بها. ولا يوجد مكان محدد علي الخريطة لوضع عنوانها، لكن جري العرف أن يكون عنوان الخريطة بمنتصف الهامش العلوي لها.




**شكل (٢-١٠) أمثلة لعنوان الخريطة**

شبكة الإحداثيات: هي شبكة من الخطوط المرسومة علي الخريطة والتي تحدد الموقع الجغرافي للمنطقة المكانية الممثلة علي الخريطة.

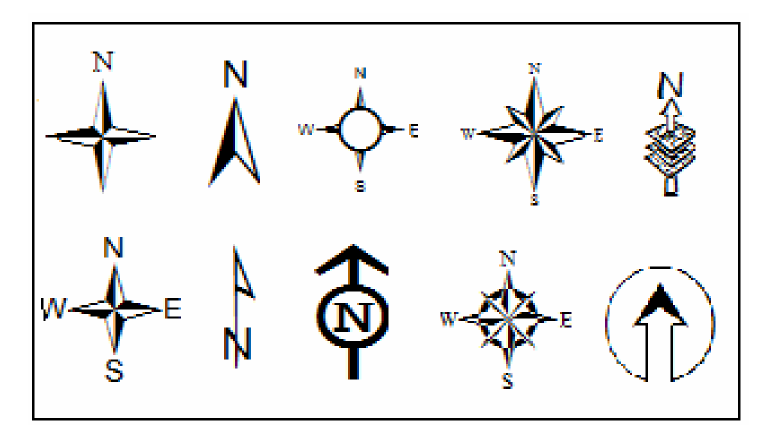
مقياس الرسم: هو القيمة العددية التي تحدد العلاقة بين الأطوال و المسافات و المساحات علي الخريطة و ما تمثله من قيم مناظرة علي سطح الأرض. وتوجد عدة طرق و نماذج لرسم مقياس الرسم علي الخريطة.




**شكل (٢-١١) نماذج لمقياس الرسم**

مفتاح الخريطة: هو ترجمة لمعاني الرموز المستخدمة في رسم الخريطة و ما يمثله كل رمز.

اتجاه الشمال: ويهدف لتحديد اتجاه الشمال و من ثم باقي الاتجاهات الجغرافية مما يساعد علي توجيه الخريطة توجيها سليما. وتوجد عدة نماذج لرسم اتجاه الشمال الذي غالبا يوضع في أعلي هامش الخريطة سواء من جهة اليمين أو من جهة اليسار.




**شكل (٢-١٢) نماذج لاتجاه الشمال**

أنواع اتجاه الشمال:

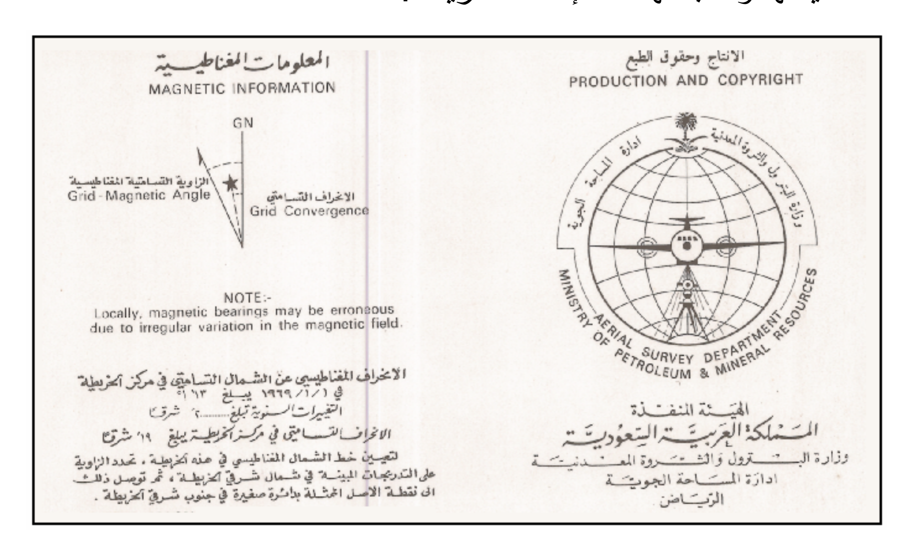
أتفق العلماء منذ مئات السنين علي اعتبار اتجاه الشمال هو الاتجاه المرجعي عند قياس الاتجاهات في الطبيعة (علي سطح الأرض) وأيضا في الخريطة. لكن يوجد نوعين من أنواع اتجاه الشمال:

الشمال المغناطيسي: هو الاتجاه الذي تحدده أبره مغناطيسية حركة الحركة كاملة الاتزان وليست تحت أي تأثير مغناطيسي محلي. فإذا تركت هذه الإبرة حركة الحركة فأنها ستتجه ناحية

اتجاه الشمال الذي يطلق عليه أسم الشمال المغناطيسي. وهذه هي الفكرة التي بنيت عليها أجهزة البوصلة المغناطيسية التي يمكن استخدامها في الطبيعة لتحديد اتجاه الشمال. لكن أهم مشاكل الشمال المغناطيسي أنه غير ثابت (غير متوازي عند مجموعة من النقاط) بل أنه يتغير عند نفس النقطة من عام لآخر.

<u>الشمال الجغرافي:</u> هو الاتجاه أو الخط الواصل بين أي نقطة وكلا القطبين الشمالي و الجنوبي للأرض. الشمال الحقيقي هو اتجاه ثابت غير متغير ويتم تحديده من خلال الأرصاد و القياسات الفلكية ، وحيث أنه ثابت وغير متغير فهو المستخدم في إنشاء الخرائط.

<u>زاوية الاختلاف:</u> يطلق أسم زاوية الاختلاف علي الزاوية المحصورة بين اتجاهي الشمال المغناطيسي و الجغرافي عند نقطة معينة في زمن معين. فإذا كان الشمال المغناطيسي شرق الشمال الجغرافي فتكون إشارة زاوية الاختلاف موجبه ، وإذا كان الشمال المغناطيسي غرب الشمال الجغرافي فتكون إشارة زاوية الاختلاف سالبة. وغالبا توضع زاوية الاختلاف علي الخريطة لتحدد قيمتها و اتجاهها عند إنشاء الخريطة:




**شكل (٢-١٣) مثال لمعلومات زاوية الاختلاف علي خريطة**

تتغير زاوية الاختلاف بطريقة منتظمة في عدة دورات علي مدار : (أ) تغير كل ٣٠٠ سنة تقريبا ، (ب) تغير سنوي ، (ج) تغير يومي. ويمكن معرفة قيمة زاوية الاختلاف من خلال مواقع بعض الجهات المتخصصة علي شبكة الانترنت مثل موقع الوكالة الأمريكية للمحيطات والمناخ المعروفة باسم NOAA في الرابط التالي:

http://www.ngdc.noaa.gov/geomagmodels/Declination.jsp

القيم التالية تمثل زوايا الاختلاف لبعض المواقع في يوم ١/١/ ٢٠١٢ م:

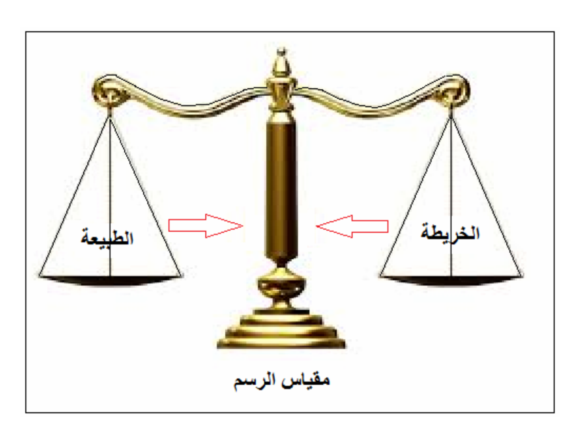
| المدينة | الموقع الجغرافي التقريبي | | زاوية الاختلاف |
|---|---|---|---|
| | خط الطول | دائرة العرض | |
| مكة المكرمة | ٣٩.٨٢٥° شرقا | ٢١.٤٢٦° شمالا | ١٥° ٠٢' غربا |
| المدينة المنورة | ٣٩.٦١١° شرقا | ٢٤.٤٥٦° شمالا | ١٤° ٢٩' غربا |
| القاهرة | ٣١.٢٢٩° شرقا | ٣٠.٠٥٨° شمالا | ١١° ١٥' غربا |

# الفصل الثالث
# مقياس الرسم

## ٣-١ مقدمة

لا يمكن بأي حال من الأحوال رسم الأرض أو جزء منها بنفس الأبعاد الحقيقية علي الخريطة التي مهما كبرت لا تزيد عن المتر المربع الواحد، لذلك نحن في حاجة الي نسبة تصغير محددة لرسم الخريطة وهذه النسبة هي ما يطلق عليها اسم مقياس الرسم. وهذه النسبة يجب أن تكون ثابتة في كافة أجزاء الخريطة، فلا يمكن استخدام قيمة معينة في جزء من الخريطة و استخدام قيمة أخري في جزء آخر من نفس الخريطة.

يعرف مقياس الرسم علي أنه: ***"النسبة العددية الثابتة بين طول أي بعد علي الخريطة والطول الحقيقي المناظر له علي الطبيعة"***. وكما سبق الذكر فأن مقياس الرسم من الأسس الرياضية التي تبني عليها الخرائط، وبدون مقياس الرسم ستتحول الخريطة الي رسم أو صورة أو اسكتش. ومعرفة قيمة مقياس رسم أي خريطة هو الذي يمكننا من معرفة (حساب أو قياس) قيم المسافات و الأطوال و المساحات الحقيقية للمعالم الجغرافية الظاهرة علي الخريطة. كما أن مقياس الرسم هو ما يجعلنا نحسب الطول المناسب علي الخريطة اللازم لتوقيع أو رسم طول مقاس فعلا في الطبيعة.




**شكل (٣-١) مفهوم مقياس الرسم**

## ٣-٢ أنواع مقياس الرسم

يكتب مقياس الرسم علي الخريطة أو يرسم عليها، ولذلك فأن مقاييس الرسم تصنف الي نوعين رئيسين وهما المقاييس الكتابية و المقاييس الخطية.

### ٣-٢-١ مقياس الرسم العددي

يكتب مقياس الرسم العددي علي الخريطة في احدي ثلاثة صور: المقياس المباشر و المقياس النسبي و المقياس الكسري.

مقياس الرسم المباشر:

يكتب هذا المقياس مباشرة في جملة بسيطة ليدل علي مقياس رسم الخريطة مثل:

السنتيمتر يمثل كيلومتر

١ سنتيمتر = ٥٠٠ متر

ا سنتيمتر يساوي ١٠٠٠ متر

ومع أن المقياس المباشر أسهل مقاييس الرسم الكتابية إلا أنه لم يعد مستخدما في الخرائط الآن.

مقياس الرسم النسبي:

يعد هذا المقياس هو الأكثر شيوعا بين مقاييس الرسم الكتابية المستخدمة في كافة أنواع الخرائط، ويكتب في صورة نسبة الجزء الأول منها يساوي الوحدة المستخدمة في القياس علي الخرائط بينما الجزء الثاني من النسبة يعبر عن الوحدة المناظرة علي الطبيعة. فمثلا عندما نكتب مقياس رسم الخريطة في الصورة النسبية التالية:

١ : ١٠٠٠

فهذا يدل علي أن:

كل وحدة علي الخريطة = ١٠٠٠ وحدة (من نفس النوع) علي الطبيعة، أي أن:

كل ١ سنتيمتر علي الخريطة = ١٠٠٠ سنتيمتر في الطبيعة.

كل ١ ملليمتر علي الخريطة = ١٠٠٠ ملليمتر في الطبيعة.

مقياس الرسم الكسري:

يختلق هذا المقياس عن المقياس النسبي في أنه يكتب في صورة كسر حيث البسط يعبر عن الوحدة علي الخريطة و المقام يعبر عن الوحدة المناظرة علي الطبيعة. فالمقياس:

$$\frac{١}{١٠٠٠}$$

يساوي المقياس النسبي ١ : ١٠٠٠

أي أن:

كل وحدة علي الخريطة = ١٠٠٠ وحدة (من نفس النوع) علي الطبيعة، بمعني أن:
كل ١ سنتيمتر علي الخريطة = ١٠٠٠ سنتيمتر في الطبيعة.

التحويل بين مقاييس الرسم الكتابية:

يمكن بسهولة تحويل أي مقياس كتابي من نوع محدد الي النوعين الآخرين، وذلك اعتمادا علي معرفة قيم الوحدات المستخدمة في قياس المسافات سواء علي الخريطة أو في الطبيعة:

**١ كيلومتر = ١٠٠٠ متر**

**١ متر = ١٠٠ سنتيمتر**

**١ سنتيمتر = ١٠ ملليمتر**

**أي أن:**

١ كيلومتر = ١٠٠٠ × ١٠٠ = ١٠٠،٠٠٠ سنتيمتر

١ متر = ١٠٠ × ١٠ = ١٠٠٠ ملليمتر

١ كيلومتر = ١٠٠٠ × ١٠٠ × ١٠ = ١،٠٠٠،٠٠٠ ملليمتر

مثال:

حول مقياس الرسم المباشر " سنتيمتر = كيلومتر" الي مقياس نسبي.

هذا المقياس المباشر يدل علي أن:

كل ١ سنتيمتر علي الخريطة = ١ كيلومتر علي الطبيعة

ولكي نحوله الي مقياس نسبي يجب أن تكون الوحدات المستخدمة (للخريطة و للطبيعة) من نفس الوحدة. وحيث أن:

١ كيلومتر = ١٠٠،٠٠٠ سنتيمتر

فنستعيض عن الوحدة علي الطبيعة بالكيلومتر بما يقابلها بالسنتيمترات، فبدلا من أن يكون المقياس:

كل ١ سنتيمتر علي الخريطة = ١ كيلومتر علي الطبيعة

نكتبه:

كل ١ سنتيمتر علي الخريطة = ١٠٠،٠٠٠ سنتيمتر علي الطبيعة

وبما أن الوحدات أصبحت الآن متساوية (وحدات السنتيمتر في كلا الطرفين) فيمكننا كتابة مقياس الرسم في الصورة النسبية وبدون أية وحدات كالتالي:

١ : ١٠٠،٠٠٠

وبسهولة يمكننا كتابة هذا المقياس في الصورة الكسرية كالتالي:

$$\frac{١}{١٠٠،٠٠٠}$$

والجدول التالي يمثل عدة أنواع من مقاييس الرسم المستخدمة في الخرائط:

| المقياس المباشر | المقياس النسبي | نوع الخريطة |
|---|---|---|
| سنتيمتر = ١٠ كيلومتر | ١ : ١،٠٠٠،٠٠٠ | خريطة مليونية (صغيرة المقياس) |
| سنتيمتر = كيلومتر | ١ : ١٠٠،٠٠٠ | خريطة متوسطة المقياس |
| سنتيمتر = ٥٠٠ متر | ١ : ٥٠،٠٠٠ | |
| سنتيمتر = ٢٥٠ متر | ١ : ٢٥،٠٠٠ | |
| سنتيمتر = ١٠٠ متر | ١ : ١٠،٠٠٠ | خريطة كبيرة المقياس |
| سنتيمتر = ٥٠ متر | ١ : ٥٠٠٠ | |
| سنتيمتر = ٢٥ متر | ١ : ٢٥٠٠ | |
| سنتيمتر = ١٠ متر | ١ : ١٠٠٠ | مخططات (كبيرة المقياس جدا) |
| سنتيمتر = متر | ١ : ١٠٠ | |

## ٣-٢-٢ مقياس الرسم الخطي

في هذا النوع من مقاييس الرسم يتم "رسم" المقياس علي الخريطة في صورة خط مجزأ الي عدد من الأقسام، بحيث تكون وحدات المقياس مرسومة بوحدات الخريطة (مثل السنتيمتر) ويكتب علي كل جزء منها ما يمثله من أطوال حقيقية علي الطبيعة. وتتميز مقاييس الرسم تلك من أنها ستصغر أو تكبر بنفس النسبة عندما يتم تصغير أو تكبير الخريطة ذاتها. وتتعدد مقاييس الرسم الخطية لتشمل المقياس البسيط و الدقيق و الشبكي و المقارن و الزمني.

المقياس الخطي البسيط:

هو عبارة عن خط (أو مستطيل عرضه بسيط جدا) ويقسم الي عدة أقسام متساوية ويكتب أعلي كل قسم ما يمثله غلي الطبيعة.

مثال:

ارسم مقياس رسم خطي بسيط للمقياس النسبي ١ : ١٠٠٠ :

أولا نحدد ما يمثله السنتيمتر الواحد علي الخريطة كمسافة حقيقية علي الطبيعة:

المقياس النسبي ١ : ١٠٠٠ يدل علي أن:

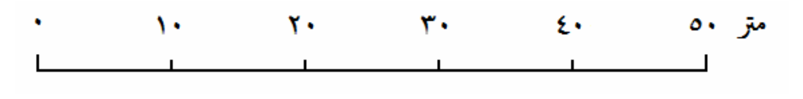
كل وحدة علي الخريطة = ١٠٠٠ وحدة مناظرة علي الطبيعة، أي أن:

كل ١ سنتيمتر علي الخريطة = ١٠٠٠ سنتيمتر علي الطبيعة

وحيث أن المتر = ١٠٠ سنتيمتر، فيمكننا إعادة كتابة المقياس ليصبح:

كل ١ سنتيمتر علي الخريطة = ١٠٠٠ ÷ ١٠٠ = ١٠ متر علي الطبيعة

الآن نقوم برسم خط مستقيم طوله (مثلا) خمسة سنتيمترات ونقسمه الي خمسة أجزاء بحيث يكون طول الجزء الواحد منهم سنتمترا واحدا. وبالتالي فأن السنتيمتر الواحد سيمثل علي الطبيعة ١٠ أمتار، ونبدأ بكتابة الرقم صفر في بداية (أقصي يسار) المقياس، ثم نكتب في نهاية الجزء الأول الرقم ١٠ وفي نهاية الجزء الثاني الرقم ٢٠ (حيث أن الخط الذي طوله ٢ سنتيمتر سيمثل ٢٠ مترا علي الطبيعة) وفي نهاية الجزء الثالث نكتب ٣٠ وهكذا. وفي نهاية (أقصي يمين) المقياس نكتب كلمة "متر" لتدل علي الوحدة المستخدمة للقياس علي الطبيعة:




**شكل (٣-٢) نموذج لمقياس الرسم الخطي البسيط**

ومن الممكن رسم مقياس الرسم في صورة مستطيل عرضه قليل جدا (ملليمتر مثلا) بدلا من الخط المستقيم ليكون أكثر وضوحا علي الخريطة، مع تلوين أجزاؤه باللونين الأبيض و الأسود بالتتابع ليكون أكثر جمالا:

٠ ١٠ ٢٠ ٣٠ ٤٠ ٥٠ متر

**شكل (٣-٣) نموذج آخر لمقياس رسم خطي بسيط**

<u>مثال ٢:</u>

ارسم مقياس رسم خطي بسيط للمقياس النسبي ١ : ٢٥٠٠٠ :

أولا نحدد ما يمثله السنتيمتر الواحد علي الخريطة كمسافة حقيقية علي الطبيعة:

المقياس النسبي ١ : ٢٥٠٠٠ يدل علي أن:

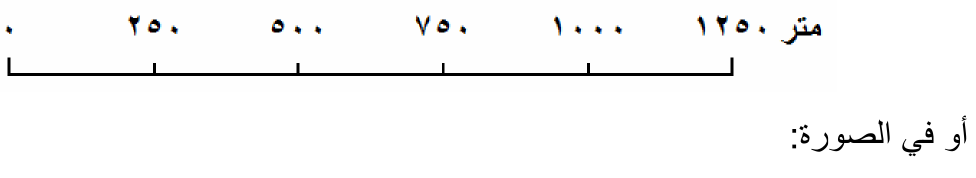
كل وحدة علي الخريطة = ٢٥٠٠٠ وحدة مناظرة علي الطبيعة، أي أن:

كل ١ سنتيمتر علي الخريطة = ٢٥٠٠٠ سنتيمتر علي الطبيعة

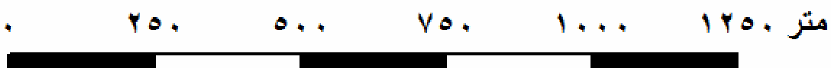
وحيث أن المتر = ١٠٠ سنتيمتر، فيمكننا إعادة كتابة المقياس ليصبح:

كل ١ سنتيمتر علي الخريطة = ٢٥٠٠٠ ÷ ١٠٠ = ٢٥٠ متر علي الطبيعة

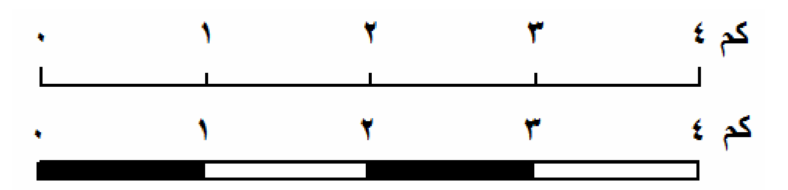
ثم نقوم برسم خط مستقيم طوله خمسة سنتيمترات ونقسمه الي خمسة أجزاء بحيث يكون طول الجزء الواحد منهم سنتمترا واحدا. وبالتالي فأن السنتيمتر الواحد سيمثل علي الطبيعة ٢٥٠ مترا، ونبدأ بكتابة الرقم صفر في بداية (أقصي يسار) المقياس، ثم نكتب في نهاية الجزء الأول الرقم ٢٥٠ وفي نهاية الجزء الثاني الرقم ٥٠٠ (حيث أن الخط الذي طوله ٢ سنتيمتر سيمثل ٥٠٠ مترا علي الطبيعة) وفي نهاية الجزء الثالث نكتب ٧٥٠ وهكذا. وفي نهاية (أقصي يمين) المقياس نكتب كلمة "متر" لتدل علي الوحدة المستخدمة للقياس علي الطبيعة:




أو في الصورة:




ويمكن أيضا في مقاييس الرسم الخطية استخدام وحدات الكيلومتر للتعبير عن المسافات الحقيقية علي الطبيعة. فمثلا لمقياس الرسم ١ : ١٠٠،٠٠٠ نجد أن السنتيمتر علي الخريطة يمثل ١٠٠،٠٠٠ سنتيمتر أي ما يعادل ١٠٠٠ متر علي الطبيعة، وبدلا من كتابة ١٠٠٠ متر علي مقياس الرسم نستعيض عنه بكتابة ١ كيلومتر:




<u>المقياس الخطي الدقيق:</u>

يطلق مصطلح "دقة المقياس" علي أصغر وحدة مرسومة من وحدات مقياس الرسم، فعلي سبيل المثال فأن دقة المقياس الخطي البسيط في الشكل بأعلى تساوي ١ كيلومتر حيث أن أصغر جزء يمكن قياسه علي هذا المقياس هو الكيلومتر الصحيح. وتجدر الإشارة الي أن دقة المقياس لا تعتمد علي قيمة الوحدات المكتوبة صراحة عليه، ففي الشكل التالي فما تزال دقة المقياس تساوي ١ كيلومتر مع أن الوحدات مكتوبة كل ٢ كيلومتر:



إذا أردنا قياس مسافة علي الخريطة فكانت أطول بقليل من السنتيمتر الواحد فكيف نعرف قيمة المسافة المناظرة لها علي الطبيعة؟ ستكون بالتأكيد أكبر من الكيلومتر الواحد، لكن بأي قيمة حقيقية؟ فهذا المقياس لا يسمح لنا إلا بقياس الكيلومترات الصحيحة فقط. في هذه الحالة نلجأ للنوع الثاني من أنواع مقاييس الرسم الخطية ألا و هو المقياس الخطي الدقيق.

المقياس الخطي الدقيق هو مقياس خطي بسيط مضافا إليه وحدة واحدة علي يسار الصفر مقسمة الي عدد من الأقسام الفرعية الصغيرة. ويكون عدد هذه الأقسام الفرعية مناسبا للحصول علي الدقة الجديدة المطلوبة للمقياس. أي أن المقياس الخطي الدقيق يتكون مع مقياس خطي بسيط بالإضافة لجزء أدق علي يسار صفر المقياس.

<u>مثال:</u>

ارسم مقياس خطي دقيق لمقياس الرسم النسبي ١ : ٥٠٠٠ بحيث تكون دقة المقياس ١٠ أمتار.

أولا نحدد ما يمثله السنتيمتر الواحد علي الخريطة كمسافة حقيقية علي الطبيعة:

المقياس النسبي ١ : ٥٠٠٠ يدل علي أن:

كل ١ سنتيمتر علي الخريطة = ٥٠٠٠ سنتيمتر علي الطبيعة

وحيث أن المتر = ١٠٠ سنتيمتر، فيمكننا إعادة كتابة المقياس ليصبح:

كل ١ سنتيمتر علي الخريطة = ٥٠٠٠ ÷ ١٠٠ = ٥٠ متر علي الطبيعة

نبدأ أولا برسم المقياس الخطي البسيط بأن نقوم برسم خط مستقيم طوله خمسة سنتيمترات ونقسمه الي خمسة أجزاء بحيث يكون طول الجزء الواحد منهم سنتمترا واحدا. وبالتالي فأن السنتيمتر الواحد سيمثل علي الطبيعة ٥٠ مترا، ونرسم هذا المقياس البسيط كما سبق في الأمثلة السابقة ليكون:

متر ٢٠٠ ١٥٠ ١٠٠ ٥٠ ٠

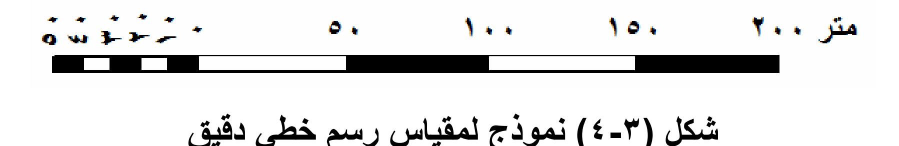
أي أن دقة هذا المقياس الخطي البسيط تساوي ٥٠ مترا (قيمة أصغر وحدة من وحداته). ولحساب عدد الأقسام الفرعية التي سيتكون منها المقياس الخطي الدقيق نستخدم المعادلة:

**عدد الأقسام الفرعية للمقياس الدقيق = قيمة وحدة المقياس البسيط ÷ دقة المقياس المطلوبة**

أي أن:

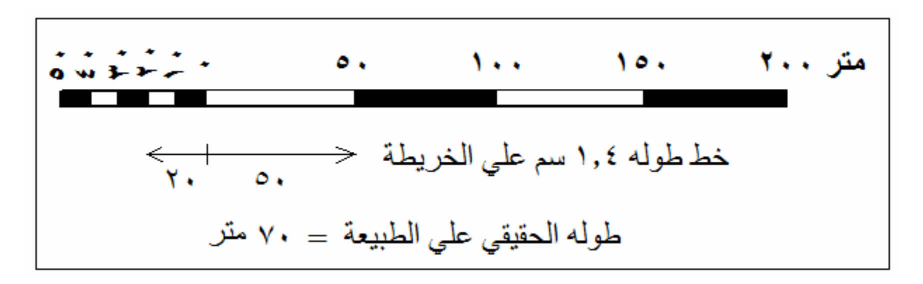
عدد الأقسام الفرعية للمقياس الدقيق = ٥٠ متر ÷ ١٠ متر = ٥ أقسام

ثم نقوم برسم وحدة من وحدات المقياس البسيط (أي سنتيمتر واحد) علي يسار صفر المقياس ثم نقسم هذه الوحدة الي ٥ أقسام. وبما أن السنتيمتر الواحد يحتوي ١٠ ملليمترات، فأن طول كل قسم من هذه الأقسام يساوي (١٠÷٥=) ٢ ملليمتر. وسيمثل الجزء الأول من الوحدات الصغيرة قيمة ١٠ أمتار علي الطبيعة، فنكتب أعلاه الرقم ١٠، بينما الجزء الثاني سيمثل (١٠+١٠=) ٢٠ مترا فنكتب أعلاه الرقم ٢٠، وبالمثل نكتب الرقم ٣٠ في نهاية الجزء الثالث والرقم ٤٠ في نهاية الجزء الرابع والرقم ٥٠ في نهاية الجزء الخامس و الأخير من أجزاء المقياس الدقيق:

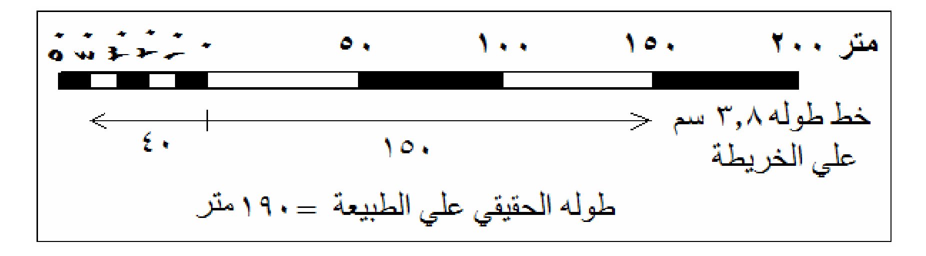



**شكل (٣-٤) نموذج لمقياس رسم خطي دقيق**

الآن إذا قمنا باستخدام المسطرة بقياس طول خط علي الخريطة ووجدناه يساوي (مثلا) ١,٤ سنتيمتر، فيمكننا باستخدام هذا المقياس الخطي الدقيق أن نعرف أن المسافة الحقيقية لهذا الخط علي الطبيعة تساوي ٧٠ مترا، حيث أن ١ سم علي المقياس البسيط تمثل ٥٠ مترا بالإضافة الي ٠.٤ سم تمثل ٢٠ مترا علي المقياس الدقيق:




وبالمثل إذا قسنا مسافة علي الخريطة فكانت ٣.٨ سنتيمتر ووضعناها علي مقياس الرسم فسنجد أن طول هذه المسافة علي الطبيعة = الجزء الأول البالغ طوله ٣ سنتيمتر علي المقياس البسيط يمثل ١٥٠ متر علي الطبيعة + الجزء الثاني البالغ طوله ٠.٨ سنتيمتر علي المقياس الدقيق يمثل ٤٠ متر علي الطبيعة = ١٥٠ + ٤٠ = ١٩٠ مترا:



<u>مثال ٢:</u>

ارسم مقياس خطي دقيق لمقياس الرسم النسبي ١ : ١٠٠،٠٠٠ بحيث تكون دقة المقياس ٠.٢٥ كيلومتر.

أولا نحدد ما يمثله السنتيمتر الواحد علي الخريطة كمسافة حقيقية علي الطبيعة:

المقياس النسبي ١ : ١٠٠،٠٠٠ يدل علي أن:

كل ١ سنتيمتر علي الخريطة = ١٠٠،٠٠٠ سنتيمتر علي الطبيعة

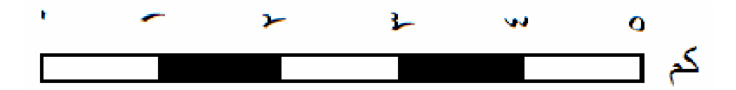
وحيث أن المتر = ١٠٠ سنتيمتر، فيمكننا إعادة كتابة المقياس ليصبح:

كل ١ سنتيمتر علي الخريطة = ١٠٠،٠٠٠ ÷ ١٠٠ = ١٠٠٠ متر علي الطبيعة

وحيث أن الكيلومتر = ١٠٠٠ متر، فيمكننا إعادة كتابة المقياس مرة أخري ليصبح:

كل ١ سنتيمتر علي الخريطة = ١٠٠٠ ÷ ١٠٠٠ = ١ كيلومتر علي الطبيعة

ثم نبدأ برسم المقياس الخطي البسيط كما سبق:




أي أن دقة هذا المقياس الخطي البسيط تساوي ١ كيلومترا (قيمة أصغر وحدة من وحداته).

ولحساب عدد الأقسام الفرعية التي سيتكون منها المقياس الخطي الدقيق نستخدم المعادلة:

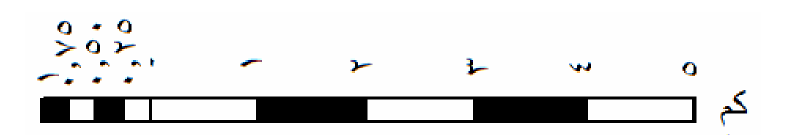
**عدد الأقسام الفرعية للمقياس الدقيق = قيمة وحدة المقياس البسيط ÷ دقة المقياس المطلوبة**

أي أن:

عدد الأقسام الفرعية للمقياس الدقيق = ١ كيلومتر ÷ ٠.٢٥ كيلومتر

= ٤ أقسام

ثم نقوم برسم وحدة من وحدات المقياس البسيط (أي سنتيمتر واحد) علي يسار صفر المقياس ثم نقسم هذه الوحدة الي ٤ أقسام. وبما أن السنتيمتر الواحد يحتوي ١٠ ملليمترات، فأن طول كل قسم من هذه الأقسام يساوي (١٠÷٤=) ٢.٥ ملليمتر. وسيمثل الجزء الأول من الوحدات الصغيرة قيمة ٠.٢٥ كيلومتر علي الطبيعة، فنكتب أعلاه الرقم ٠.٢٥، بينما الجزء الثاني سيمثل (٠.٢٥+ ٠.٢٥=) ٠.٥٠ كيلومتر فنكتب أعلاه الرقم ٠.٥٠ ، وبالمثل نكتب الرقم ٠.٧٥ في نهاية الجزء الثالث والرقم ١ في نهاية الجزء الرابع و الأخير من أجزاء المقياس الدقيق:



ويتضح من ذلك أن أهم مميزات المقياس الخطي الدقيق أن دقة القياس به تكون أدق من المقياس الخطي البسيط، ففي الشكل الأعلى علي سبيل المثال نجد أننا نستطيع قياس الكيلومترات الصحيحة من المقياس البسيط (علي يمين الصفر) بينما نستطيع قياس كسور الكيلومترات من المقياس الدقيق (علي يسار الصفر)، ولذلك سمي هذا المقياس بالمقياس الدقيق.

<u>المقياس الخطي الشبكي:</u>

يعد هذا النوع من مقاييس الرسم الخطية أكثر الأنواع دقة، ويأخذ شكل شبكة من الخطوط ومن هنا جاء أسمه. ويستعمل المقياس الخطي الشبكي عندما نحتاج دقة عالية لمقياس الرسم ولا يمكننا رسمها علي المقياس الدقيق حيث أنها ستحتاج لعدد كبير من الأجزاء الفرعية مما لا يجعل شكل المقياس متناسقا. والمقياس الشبكي مبني علي نظرية الخط الذي يقطع مستقيمات متوازية علي أبعاد متساوية كما في المثال التالي:

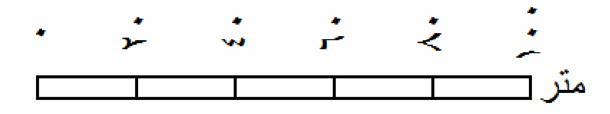
<u>مثال ١:</u>

صمم مقياس خطي شبكي لخريطة مقياس رسمها النسبي ١ : ٢٠٠٠ بحيث تكون دقته ١ متر.

كل ١ سنتيمتر علي الخريطة = ٢٠٠٠ سنتيمتر علي الطبيعة

= ٢٠٠٠ ÷ ١٠٠ = ٢٠ متر علي الطبيعة

فيكون المقياس الخطي البسيط كالتالي:



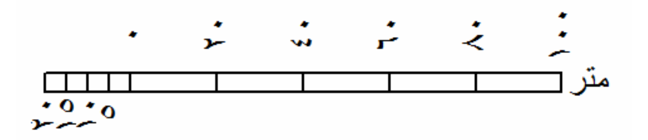

ولرسم المقياس الخطي الدقيق نستخدم المعادلة كما سبق:

**عدد الأقسام الفرعية للمقياس الدقيق = قيمة وحدة المقياس البسيط ÷ دقة المقياس المطلوبة**

أي أن:

عدد الأقسام الفرعية للمقياس الدقيق = ٢٠ متر ÷ ١ متر = ٢٠ قسما.

وبالطبع لا يمكننا تقسيم وحدة المقياس البسيط (وطولها ١ سنتيمتر) الي ٢٠ قسما، <u>فنختار</u> أن يكون عدد أجزاء المقياس الدقيق ٤ أجزاء فقط، وبالتالي فأن دقة هذا المقياس الخطي الدقيق ستساوي دقة المقياس البسيط ÷ عدد الأقسام = ٢٠ ÷ ٤ = ٥ أمتار :



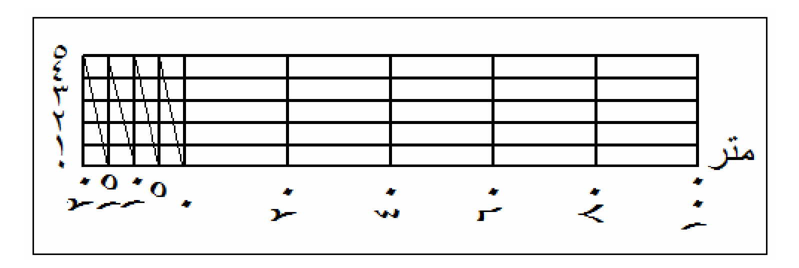
لكننا مازلنا في حاجة الي أن نزيد دقة المقياس لتصبح ١ متر وليس ٥ متر في الشكل السابق، ويتم ذلك من خلال بناء شبكة مكونة من عدد من المستويات الرأسية حيث:

**عدد المستويات الرأسية = دقة المقياس الخطي الدقيق ÷ دقة المقياس الشبكي المطلوبة**

أي أن:

عدد المستويات الرأسية = ٥ متر ÷ ١ متر = ٥ مستويات رأسية.

ثم نقوم برسم ٥ مقاييس (بسيطة و دقيقة أيضا) بصورة علوية أحدهما فوق الآخر، وبالتالي فيكون عدد الأقسام الصغيرة لمقياس الرسم ٢٠ جزءا لكنهم موزعين علي ٥ مستويات رأسية وليس في مستوي واحد، ثم نرسم خطا مائلا من اليمين السفلي الي اليسار العلوي داخل كل مستوي من المستويات الرأسية:

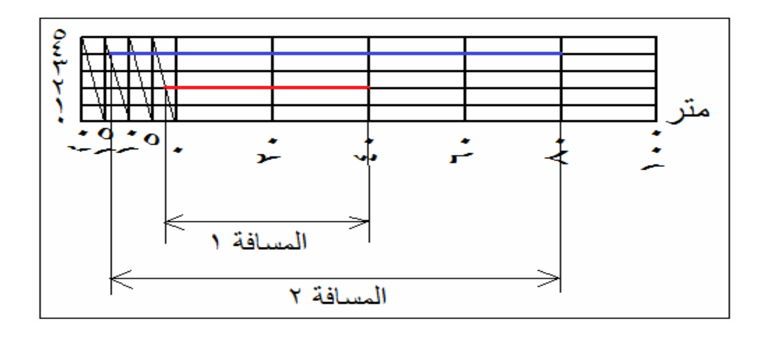



**شكل (٣-٥) نموذج لمقياس رسم خطي شبكي**

والشكل التالي يقدم تطبيقا علي استخدام مقياس الرسم الشبكي:

المسافة الأولي سيبلغ طولها في الحقيقية = ٤٠ مترا من مقياس الرسم البسيط + صفر متر من المستوي السفلي لمقياس الرسم الدقيق (حيث أنها لم تصل للجزء الأول من أجزاء هذا المقياس) + ٢ متر من المستوي الثاني لمقياس الرسم الشبكي = ٤٠ + ٠ + ٢ = ٤٢ مترا

المسافة الثانية سيبلغ طولها علي الطبيعة = ٨٠ متر من مقياس الرسم البسيط + ١٠ متر من المستوي السفلي لمقياس الرسم الدقيق (حيث أنها تجاوزت قيمة ١٠ متر لكنها لم تصل الي ١٥ متر علي هذا المقياس) + ٤ أمتار من المستوي الرابع لمقياس الرسم الشبكي = ٨٠ + ١٠ + ٤ = ٩٤ مترا.



<u>مثال ٢:</u>

صمم مقياس خطي شبكي لخريطة مقياس رسمها النسبي ١ : ١٠،٠٠٠ بحيث تكون دقته ٥ أمتار.

كل ١ سنتيمتر علي الخريطة = ١٠،٠٠٠ سنتيمتر علي الطبيعة

= ١٠،٠٠٠ ÷ ١٠٠ = ١٠٠ متر علي الطبيعة

ولرسم المقياس الخطي الدقيق نستخدم المعادلة كما سبق:

**عدد الأقسام الفرعية للمقياس الدقيق = قيمة وحدة المقياس البسيط ÷ دقة المقياس المطلوبة**

أي أن:

عدد الأقسام الفرعية للمقياس الدقيق = ١٠٠ متر ÷ ١٠ متر = ١٠ قسما.

<u>نختار</u> أن يكون عدد أجزاء المقياس الدقيق ٥ أجزاء فقط، وبالتالي فأن دقة هذا المقياس الخطي الدقيق ستساوي دقة المقياس البسيط ÷ عدد الأقسام = ١٠٠ ÷ ٥ = ٢٠ متر.

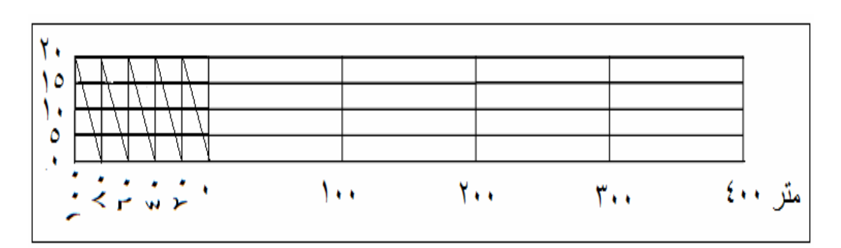
ولبناء شبكة مكونة من عدد من المستويات الرأسية:

**عدد المستويات الرأسية = دقة المقياس الخطي الدقيق ÷ دقة المقياس الشبكي المطلوبة**

أي أن:

عدد المستويات الرأسية = ٢٠ متر ÷ ٥ متر = ٤ مستويات رأسية.

ثم نقوم برسم ٤ مقاييس (بسيطة و دقيقة أيضا) بصورة علوية أحدهما فوق الآخر، وبالتالي فيكون عدد الأقسام الصغيرة لمقياس الرسم ٢٠ جزءا لكنهم موزعين علي ٤ مستويات رأسية وليس في مستوي واحد، ثم نرسم خطا مائلا من اليمين السفلي الي اليسار العلوي داخل كل مستوي من المستويات الرأسية:



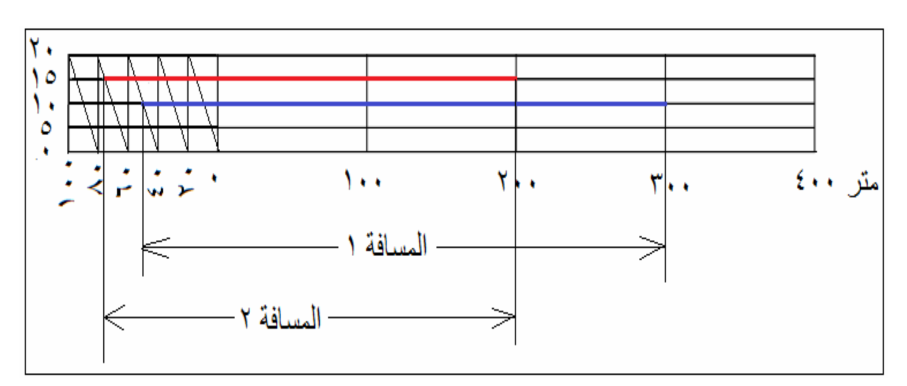

**شكل (٣-٦) نموذج آخر لمقياس رسم خطي شبكي**

والشكل التالي يقدم تطبيقا آخر علي استخدام مثل هذا المقياس الشبكي:

المسافة الأولي سيبلغ طولها في الحقيقية = ٣٠٠ مترا من مقياس الرسم البسيط + ٤٠ متر من المستوي السفلي لمقياس الرسم الدقيق (حيث أنها تجاوزت قيمة ٤٠ متر لكنها لم تصل الي ٦٠

متر علي هذا المقياس) + ١٠ متر من المستوي الثاني لمقياس الرسم الشبكي = ٣٠٠ + ٤٠ + ١٠ = ٣٥٠ مترا

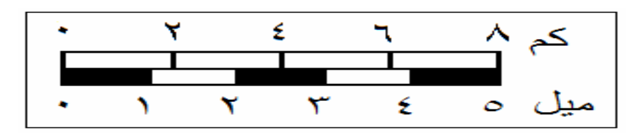
المسافة الثانية سيبلغ طولها علي الطبيعة = ٢٠٠ متر من مقياس الرسم البسيط + ٦٠ متر من المستوي السفلي لمقياس الرسم الدقيق (حيث أنها تجاوزت قيمة ٦٠ متر لكنها لم تصل الي ٨٠ متر علي هذا المقياس) + ١٥ أمتار من المستوي الثالث لمقياس الرسم الشبكي = ٢٠٠ + ٦٠ + ١٥ = ٢٧٥ مترا.




مقاييس خطية أخري:

توجد أنواع أخري من مقاييس الرسم الخطية وان كانت لم تعد مستخدمة بكثرة الآن، ومنها علي سبيل المثال مقياس الرسم المقارن و مقياس الرسم الزمني.

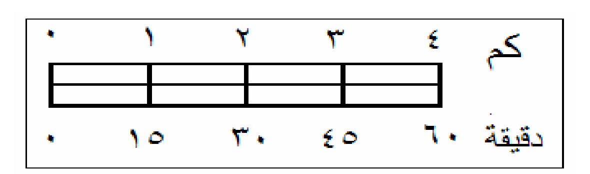
يتكون مقياس الرسم المقارن من مقياسين متلاصقين من مقاييس الرسم وان كانا يختلف في وحدات القياس علي الطبيعة، فيمكن عمل مقياس رسم خطي يقرأ المسافات علي الطبيعة بالكيلومترات بينما المقياس الخطي الثاني يقرأ المسافات علي الطبيعة بالأميال. ومع سهولة عمليات تحويل المسافات باستخدام الآلات الحاسبة وبرامج الكمبيوتر فلم يعد المقياس المقارن شائعا بكثرة في الخرائط الحديثة، وان كانت بعض الخرائط تحمل مقياسين رسم مختلفين في وحدات القياس علي الطبيعة إلا أنهما غالبا لا يرسما متلاصقين.




**شكل (٣-٧) نموذج لمقياس رسم خطي مقارن**

تقوم فكرة مقياس الرسم الزمني علي مقارنة وحدات قياس المسافات علي الطبيعة مع الوحدات الزمنية، وكان هذا النوع من مقاييس الرسم مستخدما في الماضي في الخرائط

العسكرية و خرائط الكشافة و الرحلات. يتكون المقياس الزمني من مقياسي رسم أحدهما لقراءة المسافات علي الطبيعة (أي مقياس خطي بسيط عادي) والآخر مخصص للزمن الذي يتطلبه قطع هذه المسافة ويكون مدرجا بالدقائق أو الساعات. فإذا قام مستخدم الخريطة بقياس مسافة معينة عليها فيمكنه معرفة المسافة الحقيقية المناظرة علي الطبيعة من المقياس الأعلى، وبافتراض سرعة ثابتة للسير يمكنه أيضا معرفة الزمن المستغرق لقطع هذه المسافة من المقياس السفلي.




**شكل (٣-٨) نموذج لمقياس رسم خطي زمني**

## ٣-٢-٣ مقارنة بين مقاييس الرسم

يتميز كل نوع من نوعي مقاييس الرسم بمميزات عن النوع الآخر، فالمقاييس الكتابية أسهل في الفهم والتعامل. فبمجرد النظر الي مقياس الرسم الكتابي يعرف مستخدم الخريطة مقياس ر سمها بسهولة، بينما المقاييس الخطية المرسومة علي الخريطة تحتاج بعض القياسات و الحسابات لتحديد قيمة مقياس رسم الخريطة. وعلي الجانب الآخر فأن مقاييس الرسم الخطية تتميز بسهولة تحويل الأبعاد المقاسة علي الخريطة الي ما يناظرها علي الطبيعة بمجرد القياس باستخدام المسطرة، بينما تتطلب مقاييس الرسم الكتابية إجراء بعض الحسابات لإتمام هذه الخطوة. أما أهم عيوب مقاييس الرسم الكتابية فهي أنها لا تتغير إذا تم تكبير أو تصغير الخريطة، فعلي سبيل المثال فأن مقياس الرسم الخطي المكتوب في صورة "١/٥٠٠٠" لن تتغير حروفه عندما نكبر أو نصغر هذه الخريطة وستظهر نفس الجملة "١/٥٠٠٠" علي الخريطة المصغرة مع أنها ستكون جملة خاطئة. وفي المقابل فأن أهم مميزات مقاييس الرسم الخطية أنها كصورة مرسومة علي الخريطة ستكبر أو تصغر بنفس نسبة تكبير أو تصغير الخريطة، وبالتالي سيظل مقياس الرسم الخطي صحيحا.

يتم استخدام كلا نوعي مقياس الرسم علي الخرائط بحيث يتم كتابة قيمة مقياس الرسم وأيضا استخدام مقياس رسم خطي علي الخريطة. ويعد هذا أفضل الحلول الكارتوجرافية بحيث يجمع مميزات كلا نوعي مقياس الرسم. أما في حالة أننا مضطرون لاستخدام نوع واحد فقط من مقاييس الرسم فأن المقياس الخطي هو الأفضل.




**شكل (٣-٩) نموذج لعدة صور لمقياس الرسم علي خريطة**

## ٣-٣ تطبيقات مقياس الرسم

يتم استخدام مقياس رسم الخريطة لتحويل المسافة المقاسة علي الخريطة الي المسافة الحقيقية علي سطح الأرض والعكس أيضا. وهناك بعض الطرق لتحديد مقياس رسم خريطة غير معلوم.

### ٣-٣-١ حساب المسافات علي الطبيعة:

مثال ١:

قيست مسافة علي خريطة مقياس رسمها ١ : ٥٠٠٠ فكانت ٤.٦ سنتيمتر، أحسب المسافة الحقيقية المناظرة علي الطبيعة بالأمتار؟

المقياس النسبي ١ : ٥٠٠٠ يدل علي:

كل ١ سنتيمتر علي الخريطة = ٥٠٠٠ سنتيمتر علي الطبيعة

المسافة الحقيقية علي الطبيعة = ٤.٦ × ٥٠٠٠ = ٢٣٠٠٠ سنتيمتر

وحيث أن المتر = ١٠٠ سنتيمتر، فأن

المسافة الحقيقية علي الطبيعة = ٢٣٠٠٠ ÷ ١٠٠ = ٢٣٠ متر

مثال ٢:

قيست مسافة علي خريطة مقياس رسمها ١ : ١٠٠،٠٠٠ فكانت ١٢.٥ سنتيمتر، أحسب المسافة الحقيقية المناظرة علي الطبيعة بالكيلومترات؟

المقياس النسبي ١ : ١٠٠،٠٠٠ يدل علي:

كل ١ سنتيمتر علي الخريطة = ١٠٠،٠٠٠ سنتيمتر علي الطبيعة

وحيث أن المتر = ١٠٠ سنتيمتر، فأن:

كل ١ سنتيمتر علي الخريطة = ١٠٠،٠٠٠ ÷ ١٠٠ = ١٠٠٠ متر علي الطبيعة

وحيث أن الكيلومتر = ١٠٠٠ متر، فأن:

كل ١ سنتيمتر علي الخريطة = ١٠٠٠ ÷ ١٠٠٠ = ١ كيلومتر علي الطبيعة

إذن:

المسافة الحقيقية علي الطبيعة = ١٢.٥ × ١ = ١٢.٥ كيلومتر

## ٣-٣-٢ حساب المسافات علي الخريطة:

مثال ١:

يبلغ طول الطريق من مكة المكرمة الي المدينة المنورة ٣٩٠ كيلومتر، أحسب طول هذا الطريق بالسنتيمتر علي خريطة مقياس رسمها ١ : ٢،٠٠٠،٠٠٠ ؟

المقياس النسبي ١ : ٢،٠٠٠،٠٠٠ يدل علي:

كل ١ سنتيمتر علي الخريطة = ٢،٠٠٠،٠٠٠ سنتيمتر علي الطبيعة

وحيث أن المتر = ١٠٠ سنتيمتر، فأن:

كل ١ سنتيمتر علي الخريطة = ٢،٠٠٠،٠٠٠ ÷ ١٠٠ = ٢٠،٠٠٠ متر علي الطبيعة

وحيث أن الكيلومتر = ١٠٠٠ متر، فأن:

كل ١ سنتيمتر علي الخريطة = ٢٠،٠٠٠ ÷ ١٠٠٠ = ٢٠ كيلومتر علي الطبيعة

إذن:

المسافة علي الخريطة = ٣٩٠ ÷ ٢٠ = ١٩.٥ سنتيمتر

مثال ٢:

يبلغ طول شارع العزيزية بمدينة مكة المكرمة ٤.٦ كيلومتر، أحسب طول هذا الشارع بالسنتيمتر علي خريطة مقياس رسمها ١ : ٢٥،٠٠٠ ؟

حيث أن الكيلومتر = ١٠٠٠ متر، فأن:

طول الشارع علي الطبيعة = ٤.٦ × ١٠٠٠ = ٤٦٠٠ متر

وبما أن المتر = ١٠٠ سنتيمتر، فأن:

طول الشارع علي الطبيعة = ٤٦٠٠ × ١٠٠ = ٤٦٠،٠٠٠ سنتيمتر

المقياس النسبي ١ : ٢٥،٠٠٠ يدل علي:

كل ١ سنتيمتر علي الخريطة = ٢٥،٠٠٠ سنتيمتر علي الطبيعة

إذن:

المسافة علي الخريطة = ٤٦٠،٠٠٠ ÷ ٢٥،٠٠٠ = ١٨.٤ سنتيمتر

## ٣-٣-٣ تحديد مقياس رسم خريطة:

أحيانا نجد خريطة لمنطقة معينة ويكون مقياس رسمها مجهولا، وهنا يمكن حسابه بعدة طرق مختلفة مثل أن نقارن بين طول خط معلوم في هذه الخريطة مع طوله علي خريطة أخري معلومة مقياس الرسم، أو أن نقارن بين طول خط معلوم علي الخريطة و طوله الحقيقي علي الأرض.

مثال ١:

وجدت خريطة مجهولة مقياس الرسم لمنطقة و بالبحث تم العثور علي خريطة أخري لهذه المنطقة وكان مقياس رسمها ١ : ٢٥،٠٠٠ ، وتم قياس خط علي الخريطة المجهولة فكان طوله ١٥ سنتيمتر بينما كان طوله علي الخريطة الثانية المعلومة ١٨ سنتيمتر. أحسب مقياس رسم الخريطة المجهولة؟

**مقياس رسم الخريطة المجهولة = الطول علي الخريطة المجهولة × مقياس رسم الخريطة المعلومة / الطول علي الخريطة المعلومة**

مقياس رسم الخريطة المجهولة = ١٥ سنتيمتر × ( ١ / ٢٥٠٠٠ ) / ١٨ سنتيمتر

= ٠.٠٠٠٦ / ١٨

= ٠.٠٠٠٠٣٣٣

وحيث أنه جري العرف علي كتابة قيمة مقياس رسم أي خريطة في صورة نسبية (أو كسرية) تبدأ بالواحد الصحيح فأن:

مقياس رسم الخريطة المجهولة = ١ ÷ ٠.٠٠٠٠٣٣٣

= ١ : ٣٠،٠٠٠

مثال ٢:

وجدت خريطة مجهولة مقياس الرسم لمنطقة معينة وتم قياس طول أحد الشوارع علي الخريطة فكان ٥.٧ سنتيمتر، فإذا علمت أن الطول الحقيقي لهذا الشارع في الطبيعة يبلغ ١١.٤ كيلومترا فأحسب مقياس رسم هذه الخريطة؟

**مقياس الرسم لأي خريطة = الطول علي الخريطة / الطول الحقيقي المناظر علي الطبيعة**

مقياس رسم الخريطة = ٥.٧ سنتيمتر / ١١.٤ كيلومتر

وحيث أن الكيلومتر = ١٠٠،٠٠٠ سنتيمتر، فأن:

مقياس رسم الخريطة = ٥.٧ سنتيمتر / (١١.٤ × ١٠٠،٠٠٠ ) سنتيمتر

= ٥.٧ سنتيمتر / ١،١٤٠،٠٠٠ سنتيمتر

ولكي نجعل قيمة البسط في مقياس الرسم مساويا للواحد الصحيح (كما جر ي العرف) فنقسم كلا من البسط و المقام علي قيمة البسط ( ٥.٧ في المثال الحالي):

مقياس رسم الخريطة = (٥.٧ ÷ ٥.٧ ) / (١،١٤٠،٠٠٠ ÷ ٥.٧)

= ١ / ٢٠٠،٠٠٠

أي أن مقياس رسم هذه الخريطة هو ١ : ٢٠٠،٠٠٠

## ٣-٣-٤ اختيار مقياس رسم مناسب لخريطة:

مثال:

توجد قطعة أرض علي الطبيعة تبلغ أبعادها ٤٠٠ × ٦٠٠ متر ومطلوب رسمها علي قطعة من الورق أبعادها ٢٠ × ٣٤ سنتيمترا، فكم يبلغ مقياس الرسم المناسب لإنشاء هذه الخريطة؟

أولا سنقوم بترك مسافة مناسبة ( ٢ سنتيمتر علي سبيل المثال) من جميع جوانب الورقة كهوامش للخريطة، وبالتالي فأن أبعاد الورقة المتاحة لرسم الخريطة ستصبح (٢٠ - ٤=) ١٦ سنتيمتر و (٣٤ - ٤=) ٣٠ سنتيمتر.

أصبح لدينا الآن عرض قطعة الأرض علي الطبيعة وهو ٤٠٠ متر ومطلوب رسمه علي الورقة التي يبلغ عرضها ١٦ سنتيمتر:

مقياس عرض اللوحة = عرض الورقة / عرض قطعة الأرض

= ١٦ سنتيمتر / ٤٠٠ متر

= ١٦ سنتيمتر / (٤٠٠×١٠٠) سنتيمتر

= ١٦ / ٤٠،٠٠٠

= ١ / ٢٥٠٠

أما طول قطعة الأرض البالغ ٦٠٠ متر علي الطبيعة فمطلوب رسمه علي الورقة التي يبلغ طولها ٣٠ سنتيمتر:

مقياس طول اللوحة = طول الورقة / طول قطعة الأرض

= ٣٠ سنتيمتر / ٦٠٠ متر

= ٣٠ سنتيمتر / (٦٠٠×١٠٠) سنتيمتر

= ٣٠ / ٦٠،٠٠٠

= ١ / ٢٠٠٠

وكما هو معروف فأن مقياس الرسم يجب أن يكون ثابتا لكافة أرجاء الخريطة، ولذلك نختار أصغر المقياسين ليكون هو مقياس الرسم المناسب لهذه الخريطة. وحيث أن مقياس الرسم ١ : ٢٥٠٠ أصغر من مقياس الرسم ١ : ٢٠٠٠ (كلما كبر المقام صغرت قيمة مقياس الرسم و العكس صحيح أيضا) فيكون مقياس الرسم المناسب لهذه الخريطة هو ١ : ٢٥٠٠.

## ٣-٤ طرق القياس على الخرائط

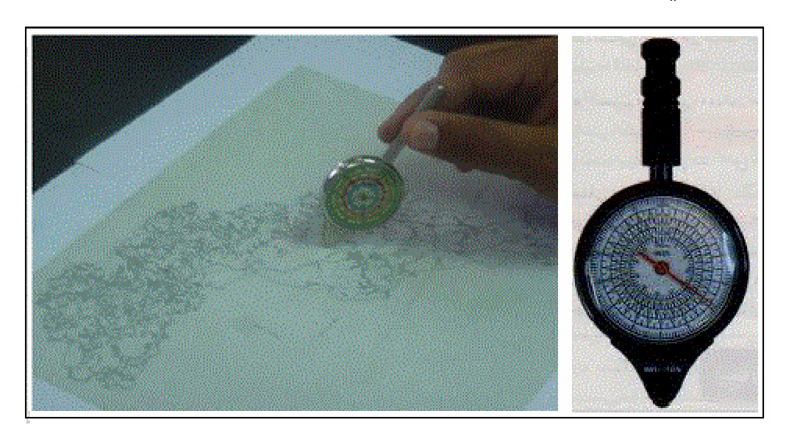
يعد إجراء القياسات علي الخريطة من أهم استخداماتها بهدف معرفة الأبعاد و المساحات الحقيقية للمعالم المكانية الموجودة علي سطح الأرض. فعلي سبيل المثال يحتاج مستخدم الخريطة لقياس المسافة بين مدينتين بهدف معرفة الطول الحقيقي للطريق بينهما علي الطبيعة، وأيضا قد يحتاج لقياس مساحة مبني علي الخريطة بهدف حساب مساحته الحقيقية علي الأرض. وحيث أن الخريطة هي تمثيل أو نموذج مصغر لسطح الأرض فأننا نحتاج لتطبيق مقياس الرسم لكي يتم تحويل القياسات التي تتم علي الخريطة لمعرفة قيمها المناظرة الحقيقية علي سطح الأرض.

### ٣-٤-١ قياس المسافات على الخريطة

توجد عدة طرق و أدوات و أجهزة لقياس المسافات علي الخريطة، وتشمل المسطرة والخيط و الفرجار و عجلة القياس. تعد المسطرة أسهل أدوات قياس المسافات علي الخريطة، وفيها يتم وضع بداية القياس علي المسطرة (الصفر) مع بداية المسافة المطلوب قياسها ثم نقرأ طول المسطرة المحدد لهذه المسافة علي الخريطة. وفي الخطوة التالية نضع المسطرة علي مقياس الرسم الخطي للخريطة ونقرأ منه القيمة الحقيقية المناظرة لهذه المسافة علي الطبيعة. وبالطبع فأن المسطرة لا تصلح إلا لقياس المسافات المستقيمة علي الخريطة. وفي حالة كون المسافة المطلوب قياسها علي الخريطة متعرجة (ليست مستقيمة) نستخدم الخيط، وذلك بأن نثبت طرف الخيط عند بداية هذه المسافة ثم نتتبع بعناية كل ثنية علي الخط الي أن ينتهي الخط المطلوب قياسه، وبعد ذلك نقوم بشد الخيط علي مسطره لنحدد طول المسافة علي الخريطة بالسنتيمتر ثم نضع المسطرة علي مقياس رسم الخطي للخريطة لنعرف الطول الحقيقي لهذه المسافة علي الطبيعة. كما يمكن استخدام الفرجار لقياس الخطوط المتعرجة علي الخريطة، وذلك بأن نفتح الفرجار بمسافة معينة (عدة ملليمترات) ثم نبدأ في قياس الخط المتعرج من بدايته عن طريق عمل عدة نقلات للفرجار بشرط عد رفع الفرجار من علي الخريطة وحتى نصل لنهاية الخط المطلوب قياسه. ثم نجمع عدد النقلات التي تمت ونضرب هذا العدد في طول فتحة الفرجار لنحصل علي

طول هذا الخط المتعرج بالمليمتر، وباستخدام مقياس الرسم الخطي للخريطة يمكننا تحديد الطول الحقيقي علي الطبيعة لهذه المسافة المقاسة.

تعد عجلة القياس أدق أجهزة قياس المسافات علي الخريطة وتتكون من قرص مستدير له يد لإمساكه ويوجد عليه دائرتان مقسمتان الي عدة أقسام لأخذ القراءة. تكون الدائرة الداخلية مقسمة الي ٩٩ قسما بينما الدائرة الخارجية مقسمة الي ٣٩ قسما، وفي مركز الدائرتين (مركز القرص) يوجد مؤشر متحرك يشبه عقرب الساعة والذي تتحكم في حركته ترس صغير في أسفل قرص العجلة. عند بداية قياس طول أي خط نقوم بضبط المؤشر علي صفر التدريج بالنسبة للدائرتين، ثم نضع ترس العجلة علي بداية الخط ونحركها - في اتجاه دوران عقرب الساعة - علي الخط بمنتهي الدقة و العناية الي أن نصل لنهاية الخط المطلوب قياسه فنرفع العجلة ونقرأ الرقم الذي وصل إليه المؤشر. تكون قراءة المؤشر علي الدائرة الداخلية هي قيمة المسافة الحقيقية بالكيلومتر في حالة كون مقياس رسم الخريطة هو ١ : ١٠٠،٠٠٠ حيث أن قراءة المؤشر علي هذه الدائرة تكون بالسنتيمتر وفي هذه الخريطة يكون السنتيمتر علي الخريطة يمثل كيلومتر مباشرة علي الطبيعة. أما إذا أخذنا قيمة قراءة المؤشر علي الدائرة الخارجية للعجلة فتكون هي قيمة المسافة الحقيقية بالأميال بشرط أن تكون الخريطة المستخدمة لها مقياس رسم ١: ١٠٠،٠٠٠ أيضا، حيث أن قراءة مؤشر العجلة علي هذه الدائرة تكون بالبوصة وفي هذه الخريطة تكون البوصة علي الخريطة مساوية لميل علي الطبيعة. أما في حالة كون مقياس رسم الخريطة المستخدمة لا يساوي ١ : ١٠٠،٠٠٠ فنأخذ قراءة المؤشر بالسنتيمتر ثم نضربه في مقياس الرسم لنحصل علي القيمة الحقيقية لهذه المسافة علي الطبيعة.



**شكل (٣-١٠) عجلة القياس علي الخريطة**

**٣-٤-٢ قياس المساحات على الخريطة**

توجد عدة طرق و أدوات و أجهزة لقياس المساحات علي الخريطة وتحديد المساحات الحقيقية المناظرة لها علي الطبيعة. وتعد الطرق الحسابية هي أدق طرق حساب المساحات حيث أن أي شكل هندسي معروف (مثلث، دائرة، مربع، مستطيل، شبه منحرف ....الخ) له معادلة رياضية لحساب مساحته. وفي حالة كون الشكل المطلوب حساب مساحته علي الخريطة هو أحد الأشكال الهندسية المعروفة فيمكن قياس بعض أبعاده علي الخريطة (باستخدام المسطرة علي سبيل المثال) وتحويل هذه الأبعاد الي القيم المناظرة لها علي الطبيعة ومن ثم تطبيق معادلة حساب مساحة هذا الشكل لنحصل علي المساحة الحقيقية له. ومن أمثلة معادلات حساب مساحات الأشكال الهندسية:

مساحة المثلث = نصف القاعدة × الارتفاع

= نصف حاصل ضرب ضلعين × جيب الزاوية المحصورة بينهما

مساحة المربع = طول الضلع × نفسه

مساحة المستطيل = الطول × العرض

مساحة الدائرة = (٧/٢٢) × مربع نصف القطر

مساحة المعين = نصف حاصل ضرب القطرين

مساحة متوازي الأضلاع = القاعدة × الارتفاع

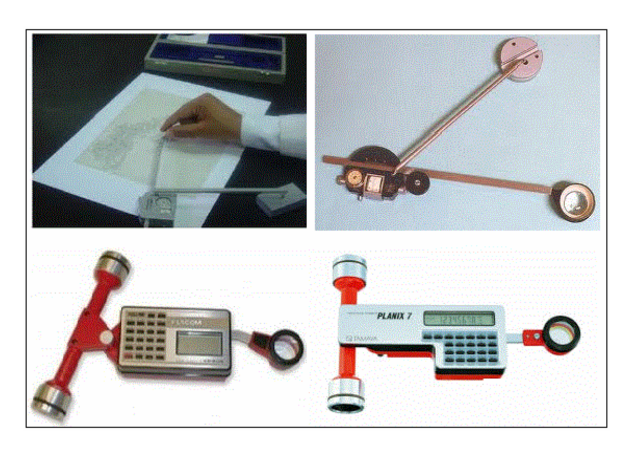
مساحة شبه المنحرف = نصف مجموع القاعدتين × الارتفاع

مساحة أي شكل رباعي = نصف حاصل ضرب القطرين × جيب الزاوية بينهما

وفي حالة الأشكال غير المنتظمة علي الخريطة يمكننا تقسيم الشكل الي عدة أشكال هندسية (مثلثات مثلا) ونقوم بحساب مساحة كلا منهم منفردا ثم نجمع هذه المساحات لنحصل علي مساحة الشكل المطلوب. كما توجد أيضا عدة طرق حسابية أخري لحساب مساحة أي شكل غير منتظم مثل طريقة الحساب باستخدام الإحداثيات و طريقة الحساب باستخدام مركبات الخطوط وطريقة سمبسون للأشكال المنحنية الأطراف. ومع انتشار تطبيقات الحاسب الآلي فأن برامج الخرائط المتخصصة لديها إمكانيات حساب مساحة أي شكل علي الخريطة سواء كان شكلا منتظما أو غير منتظم وتحديد مساحة الشكل علي الطبيعة مباشرة.

يعد جهاز البلانيميتر أشهر أنواع أجهزة قياس المساحات علي الخريطة (مع انتهاء الاعتماد علي جهاز مسطرة التفدين القديمة)، وتوجد منه عدة أنواع بعضها قديم عادي أو

ميكانيكي مثل البلانيميتر القطبي، وبعضها حديث مثل البلانيميتر الرقمي. يتكون البلانيميتر القطبي من ذراعين من المعدن متصلات بمفصل كروي ويسمي الأول بذراع الثقل أو الذراع الثابت والثاني بذراع التخطيط أو ذراع الراسم. وعند تحريك سن الراسم علي الخريطة فتدور عجلة القياس رأسيا وبالتالي يتحرك القرص الأفقي. يبدأ الراسم من نقطة محددة علي الشكل المطلوب قياس مساحته ثم يتحرك بكل دقة و عناية علي حدود محيط هذا الشكل الي أن يعود مرة أخري لنفس النقطة التي بدأ منها، وتكون القراءة علي الجهاز مساوية لقيمة مساحة هذا الشكل علي الخريطة، وتتكون قراءة المساحة من ثلاثة أجزاء فالقرص الأفقي يقرأ رقم الآلاف بينما العجلة الرأسية تقرأ المئات و العشرات والورنية تقرأ الآحاد و كسورها. وطبقا لمواصفات كل جهاز توجد خطوات معينة لتحويل المساحة المقاسة علي الخريطة الي القيمة الحقيقية المناظرة لها اعتمادا علي قيمة مقياس رسم الخريطة المستخدمة. أما البلانيميتر الرقمي الحديث فيتميز بأن قيمة المساحة تظهر مباشرة علي شاشة الجهاز بمجرد الانتهاء من عملية القياس علي الخريطة بعد تحديد مقياس الرسم المستخدم.




**شكل (٣-١١) أجهزة البلانيميتر**

## ٣-٥ تصغير و تكبير الخرائط

توجد عدة طرق لتصغير و تكبير الخرائط، فقديما كانت تتم هذه العملية بعدة وسائل مثل طريقة المربعات حيث يتم وضع ورقة شفافة مرسوما عليها شبكة من المربعات علي الخريطة الأصلية ثم وضع شبكة أخري من المربعات علي الورقة المطلوب رسم الخريطة الجديدة عليها بحيث تكون النسبة بين طول المربع علي الخريطة الأصلية و طول المربع علي الخريطة الجديدة مساوية لنسبة التصغير أو التكبير المطلوبة. ثم يتم رسم المعالم الجغرافية داخل كل مربع الي المربع المناظر له في الخريطة الجديدة.

تلا ذلك اختراع أجهزة خاصة لتكبير أو تصغير الخرائط تسمي أجهزة البانتوجراف، ويتكون في أبسط صوره من أضلاع أربعة متساوية الطول مصنوعة إما من الخشب أو الألمونيوم ومربوطة مع بعضها البعض ربطا مفصليا ويثبت في أحد أركان متوازي الأضلاع هذا ثقل ثابت بينما يوضع في الركن المعاكس قلم رصاص (مرسمه).

حديثا يتم الأجهزة الالكترونية الرقمية لتكبير و تصغير الخرائط مثل أجهزة الماسحات الضوئية، وأيضا أجهزة الراسمات المتصلة بالحاسبات الآلية حيث يمكن التحكم في قيمة مقياس الرسم المطلوب لطباعة أي خريطة.

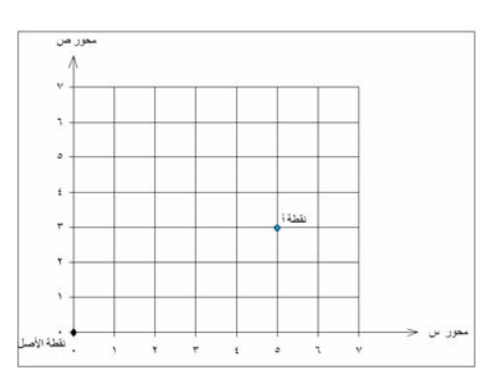



**شكل (٣-١٢) أجهزة تكبير و تصغير الخرائط**

## الفصل الرابع
## شبكة الإحداثيات

### ٤-١ مقدمة

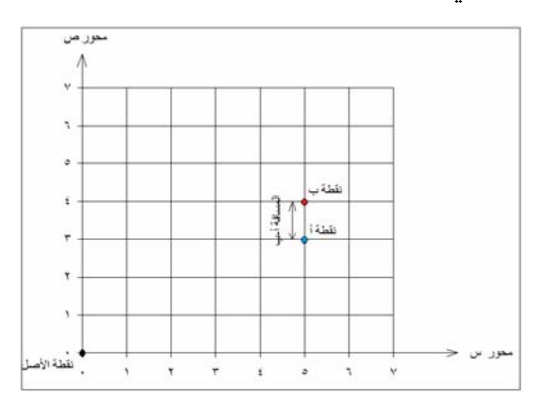
الإحداثيات هي القيم العددية التي بواسطتها يتم تحديد موقع أي نقطة أو معلم في إطار معين. أبسط أنواع الإحداثيات هي قيم (س،ص) التي نستخدمها في الرسم البياني البسيط، فعندما نقول أن النقطة أ تقع في ( ٥ ، ٣)  فيدل ذلك علي موقع هذه النقطة يبعد ٥ وحدات (سنتيمترات) علي المحور الأفقي س كما يبعد ٣ وحدات (سنتيمترات) علي المحور الرأسي ص. وبالطبع فلن توجد أية نقطة أخري تقع في نفس هذه الإحداثيات ( ٥ ، ٣ ) وإلا انطبقت علي النقطة أ ذاتها، أي أن هذه الإحداثيات قد حددت بدقة موقع النقطة أ في إطار ورقة الرسم البياني. وإذا فحصنا هذا النوع من الإحداثيات نجده يتكون من ٣ عناصر محددة له: (١) وجود نقطة أصل أو نقطة صفر يبدأ منها القياس، (٢) وجود محور أول (س) مقسم الي وحدات يتم القياس بها، (٣) وجود محور ثاني (ص) عمودي علي المحور الأول وهو أيضا مقسم الي وحدات يتم القياس بها. وهذا النظام من نظم الإحداثيات البسيطة يسمي نظام إحداثيات مستوية حيث أنه محدد أو مرسوم علي سطح مستوي (الورقة)، كما أنه يسمي نظام إحداثيات ثنائية الأبعاد حيث أنه يتطلب قيمتين أو رقمين أو بعدين فقط (وهما س،ص) لتحديد موقع أي نقطة علي الورقة.




**شكل (٤-١) الإحداثيات المستوية البسيطة**

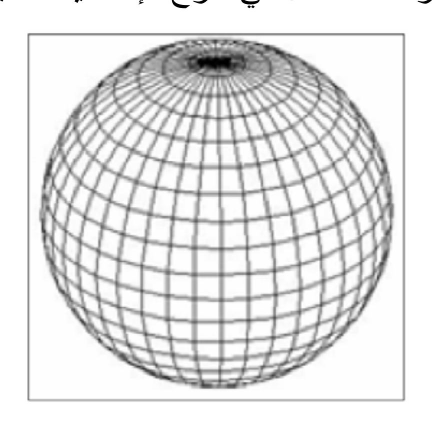
وتنبع أهمية أي نظام إحداثيات من أنه بالإضافة للتحديد الدقيق لموقع أي نقطة في إطاره فأنه يسمح بمعرفة المواقع النسبية بين النقاط بمجرد معرفة قيم الإحداثيات وبدون توقيع أو رسم النقاط علي الورقة. فعلي سبيل المثال عندما نعرف أن إحداثيات نقطة أ هي ( ٥ ، ٣) وإحداثيات نقطة ب هي ( ٥ ، ٤) فندرك أن نقطة أ تقع أفقيا علي نفس الخط مع نقطة ب (حيث أن لهما نفس قيمة الإحداثي س) بينما نقطة ب تقع أعلي من نقطة أ (حيث أن قيمة الإحداثي ص

للنقطة ب أكبر من قيمة الإحداثي ص للنقطة أ). كما أن معرفة إحداثيات نقطتين يسمح لنا أيضا بحساب قيمة المسافة بينهما، فعلي سبيل المثال فأن المسافة بين نقطة أ ( ٥ ، ٣) و نقطة ب ( ٥ ، ٤) ستكون ١ سنتيمتر حيث أن كلا النقطتين يقعان علي نفس الإحداثي س بينما يفصلهما سنتيمتر واحد فقط علي الإحداثي ص.




**شكل (٤-٢) تطبيقات الإحداثيات المستوية البسيطة**

الأرض عبارة عن كرة (أو بالتحديد شكل شبه كروي) أي أنها مجسم وليس سطح مستوي مثل ورقة الرسم البياني، لذلك لا يمكن استخدام نظام الإحداثيات المستوية البسيطة في تحديد مواقع المعالم الجغرافية علي سطح الأرض. ومن هنا بدأ علماء الجغرافيا و الخرائط منذ مئات السنين في تطوير نظم إحداثيات أخري تصلح لتحديد المواقع علي سطح الأرض الكروي، ومن أشهر هذه النظم نظام الإحداثيات الجغرافية والذي يسمي أيضا نظام الإحداثيات الكروية (بسبب أنه يمثل المواقع علي الكرة) كما يسمي بنظام الإحداثيات المنحنية (حيث أنه لا يمكن رسم شبكة من الخطوط المستقيمة علي سطح الأرض المجسم، ولكنها ستكون خطوط منحنية) وأيضا يسمي بنظام الإحداثيات الزاوية (حيث أن قيم الإحداثيات ذاتها ستكون زوايا وليست مسافات). وتجدر الإشارة الي نظام الإحداثيات الجغرافية هو نظام ثلاثي الأبعاد حيث أن موقع أي نقطة علي سطح الأرض سيتحدد من خلال ثلاثة قيم أو أبعاد، اثنين منهم يعبران عن الموقع الأفقي للنقطة علي سطح الأرض (الكرة) بينما سيكون البعد الثالث هو قيمة ارتفاع هذه النقطة عن سطح الأرض، وسينحصر هذا الفصل في شرح الإحداثيات الجغرافية الأفقية فقط.



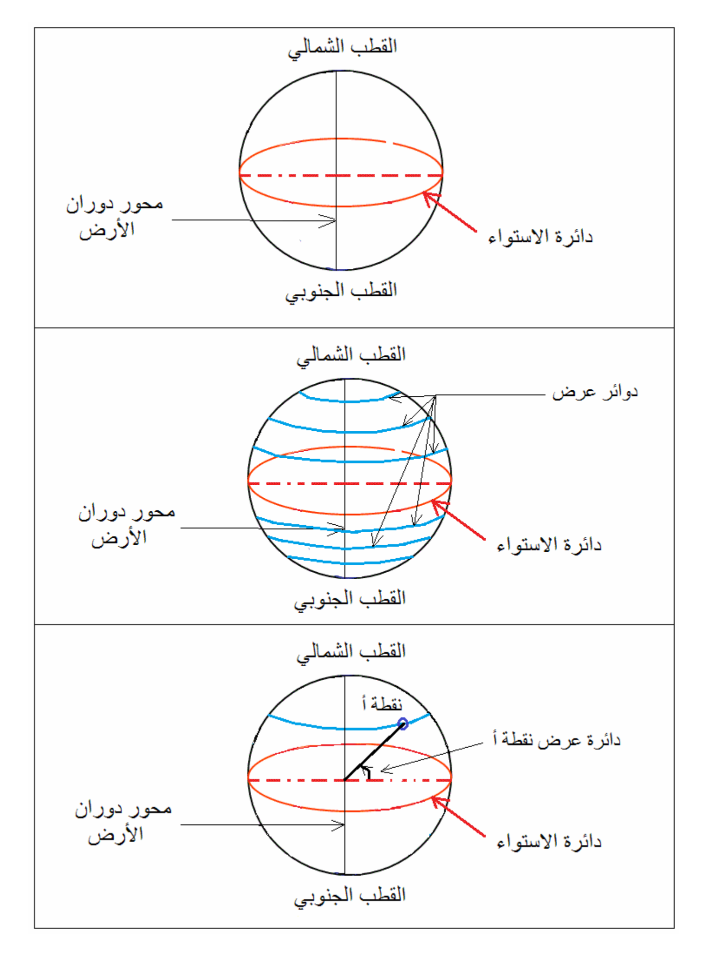
## ٤-٢ نظام الإحداثيات الجغرافية

منذ قرون مضت أبتكر العلماء طريقة لتمثيل موقع أي نقطة علي سطح الأرض (باعتبار أن الأرض كرة)، وكانت أولي خطوات تعريف هذا النظام اعتبار أن مركز الأرض (مركز الكرة) هو نقطة الأصل أو نقطة الصفر التي منها سيبدأ قياس أو تحديد الإحداثيات. وفي ثاني الخطوات بدأ وضع المحورين الذين سيحددان قياس كلا الإحداثيين والذين أطلق عليهما اسم دوائر العرض و خطوط الطول.

### ٤-٢-١ دوائر العرض:

تم اتخاذ المحور الأساسي الأفقي هو تلك الدائرة العظمي (أي التي تمر بمركز الأرض) والتي تقع في منتصف المسافة بين القطبين الشمالي و الجنوبي وسميت **بدائرة الاستواء**، وهي التي يطلق عليها البعض كلمة "خط الاستواء" لكنها في الحقيقية دائرة و ليست خطا. ثم تم تقسيم الكرة إلي ١٨٠ قسما متساويا ورسم علي الأرض دوائر صغري وهمية (الدائرة الصغرى هي التي لا تمر بمركز الأرض) توازي دائرة الاستواء الأساسية. وبذلك تكون الزاوية عند مركز الأرض (مركز الكرة) بين نقطتين متجاورتين من نقاط التقسيم تساوي ١° لان ١٨٠ درجة تقابل ١٨٠ قسما (حيث العلامة ° تعبر عن الدرجة)، وأطلق علي هذه الدوائر اسم **دوائر العرض Latitude**. وتوجد ٩٠ دائرة عرض شمال دائرة الاستواء وأيضا ٩٠ دائرة عرض جنوبه. ويتم ترقيم دائرة الاستواء بالرقم صفر ودائرة العرض المجاور لها من جهة الشمال ١° شمال ، ثم ٢° شمال ، .... إلي ٩٠° شمال وبنفس الطريقة للدوائر الواقعة جنوب دائرة الاستواء من ١° جنوب ، إلي ٩٠° جنوب.

زاوية العرض لأي نقطة علي سطح الأرض هي الزاوية عند مركز الدائرة (أي مركز الأرض) و ضلعها الأساسي يمر في مستوي الاستواء و الضلع الآخر يمر في دائرة العرض لهذه النقطة (غالبا يرمز لزاوية العرض بالرمز اللاتيني $\phi$ الذي ينطق فاي). أي أن هذا النوع من الإحداثيات يعبر عن قيمة زاوية وليس قيمة مسافة مثل الإحداثيات المستوية البسيطة في الرسم البياني علي قطعة من الورق.




**شكل (٤-٣) دوائر العرض**

دائرة العرض التي تقع عليها نقطة محددة لا تصلح بمفردها لتحديد موقع هذه النقطة علي سطح الأرض حيث ستوجد آلاف النقاط التي تقع علي نفس دائرة العرض، ولذلك يلزمنا تحديد قيمة إحداثي آخر (ثاني) لمعرفة الموقع الدقيق لأي معلم علي سطح الأرض.

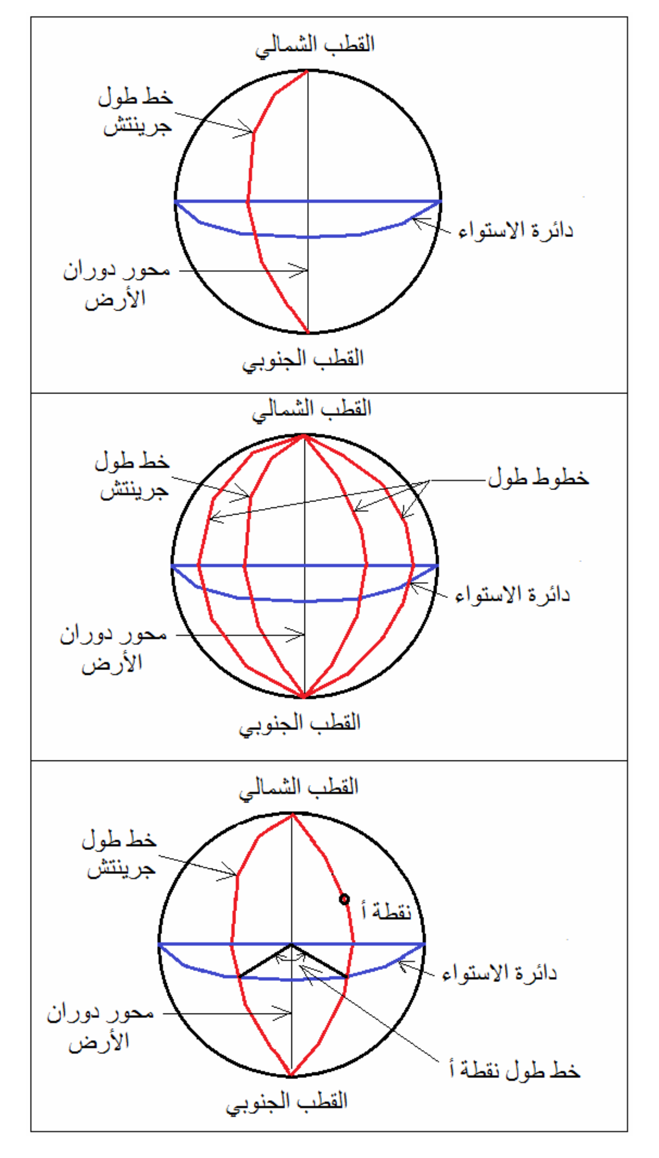
## <u>٤-٢-٢ خطوط الطول:</u>

لتقسيم الأرض الي شبكة في الاتجاه العمودي علي دائرة الاستواء يلزمنا أولا تحديد مرجع أساسي لكي يبدأ منه التقسيم أو القياس. ففي دوائر العرض لا توجد إلا دائرة واحدة عظمي (أي تمر بمركز الأرض) وتقسم الأرض الي نصفين متساويين ألا و هي دائرة الاستواء، بينما في الاتجاه العمودي ستوجد مئات الدوائر التي يمكنها أن تقسم الأرض الي نصفين متساويين والسؤال الآن هو أي دائرة عمودية سيتم اعتبارها "صفر" الترقيم أو القياس. اختلف إجابة هذا السؤال علي مر العصور، ففي عصر الحضارة الإسلامية تم اعتبار أن الدائرة الرأسية التي تمر بمدينة مكة المكرمة هي دائرة الصفر وظل ذلك الوضع ساريا لعدة قرون.

ومع بداية عصر الحضارة الأوروبية الحديثة أجمع علماء الغرب علي تغيير هذا الموقع، وفي ذلك الوقت كان أشهر معلم جغرافي هو المرصد الجغرافي الواقع في قرية أسمها جرينتش بالقرب من مدينة لندن الانجليزية، ولذلك أعتمد علماء الجغرافيا الأوربيين علي أن الدائرة الرأسية التي تمر بهذا المكان ستكون هي الدائرة الأساسية أو الدائرة رقم صفر من الدوائر الرأسية علي سطح الأرض، وأطلقوا عليها اسم "خط جرينتش".

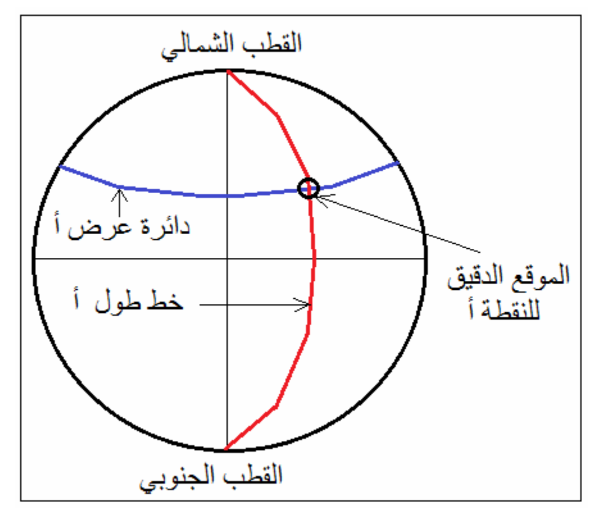
تم تقسيم الأرض في الاتجاه العمودي علي مستوي دائرة الاستواء الي ٣٦٠ خطا كلا منهم يصل بين القطب الشمالي و القطب الجنوبي، وأطلق علي هذه الخطوط اسم "خطوط الطول Longitude". وجدير بالذكر أن خطوط الطول ليست دوائر وليست خطوط أيضا، ففي حقيقة الأمر فكل خط منهم هو نصف دائرة وليس خطا مستقيما بالطبع، لكن درج الجميع علي إطلاق مصطلح "خطوط" الطول علي الإحداثي العمودي من الإحداثيات الجغرافية. وبإتباع نفس طريقة ترقيم دوائر العرض فقد تم ترقيم خط طول جرينتش (خط الطول الأساسي) بالرقم صفر وخط الطول المجاور له من جهة الشرق ١° شرقا ، ثم ٢° شرقا، .... إلي ١٨٠° شرقا وبنفس الطريقة لخطوط الطول الواقعة غرب خط جرينتش من ١° غربا، إلي ١٨٠° غربا.

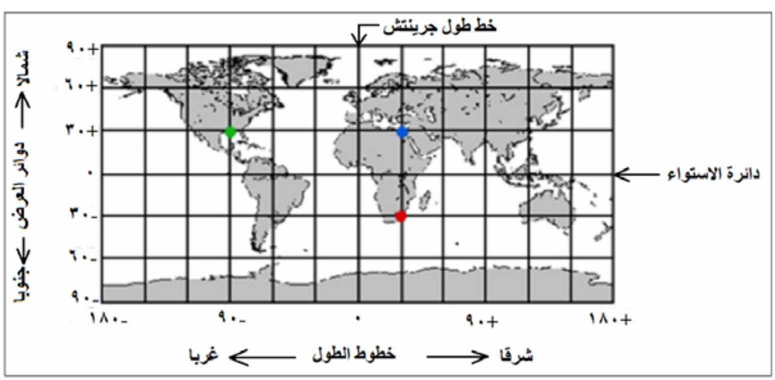
خط الطول لأي نقطة علي سطح الأرض هي الزاوية عند مركز الدائرة (أي مركز الأرض) المحصورة بين خط طول جرينتش و خط الطول المار بهذه النقطة (وغالبا يرمز لخط الطول بالرمز اللاتيني $\lambda$ والذي ينطق لامدا).




**شكل (٤-٤) خطوط الطول**

بضم دائرة العرض و خط الطول لأي نقطة علي سطح الأرض يمكننا تحديد موقع هذه النقطة بدقة. فمن الممكن أن يشترك مكانين أو موقعين في نفس دائرة العرض، ومن الممكن أن يشترك مكانين أو موقعين في نفس خط الطول إلا أنه لا يمكن علي الإطلاق أن يشترك مكانين في نفس دائرة العرض و نفس خط الطول معا (وإلا أصبحا مكانا واحدا). وبذلك فأن نظام الإحداثيات الجغرافية (دوائر العرض و خطوط الطول) يعبر بكل دقة عن مواقع المعالم الجغرافية علي سطح الأرض والذي هو تقاطع دائرة العرض التي تمر هذا الموقع مع خط الطول المار به.




**شكل (٤-٥) الإحداثيات الجغرافية لأي موقع**

## ٤-٢-٣ وحدات الإحداثيات الجغرافية:

توجد عدة نظم للوحدات المستخدمة في التعبير عن خطوط الطول و دوائر العرض أشهرها نظام الوحدات الستيني ، وفيه يتم تقسم الدائرة الكاملة إلي ٣٦٠ درجة (رمز الدرجة هو$^{o}$) ثم تقسم الدرجة إلي ٦٠ جزء كلا منهم يسمي الدقيقة (رمز الدقيقة هو ') ثم لاحقا تقسم الدقيقة الواحدة إلي ٦٠ جزء يسمي الواحد منهم بالثانية (رمز الثانية هو ").

و كمثال فأن خط الطول "52.3 '45 $30^{o}$ ق يعني أن موقع هذه النقطة عند ٣٠ درجة و ٤٥ دقيقة و ٥٢.٣ ثانية شرق خط طول جرينتش (أي في نصف الكرة الشرقي)، حيث أن خطوط الطول أما تقع شرق خط طول جرينتش (يرمز لها بإضافة حرف ق أو E) أو تقع غرب جرينتش (يرمز لها بإضافة حرف غ أو W). أما بالنسبة لدوائر العرض فتكون أما شمال دائرة الاستواء (يرمز لها بإضافة حرف ش أو N) أو جنوب خط الاستواء (يرمز لها بإضافة حرف ج أو S). وكمثال فأن دائرة العرض "26.5 '13 $42^{o}$ ش تدل عني أن موقع هذه النقطة عند ٤٢ درجة و ١٣ دقيقة و ٢٦.٥ ثانية شمال دائرة الاستواء (أي في نصف الكرة الشمالي).

يمكن تحويل وحدات قياس الإحداثيات الجغرافية بسهولة، فمثلا إذا أردنا أن نحول قيمة خط الطول "52.3 '45 °30 ق الي وحدات الدرجات فقط:

الدرجة = ٦٠ دقيقة

الدقيقة = ٦٠ ثانية

أي أن:

الدرجة = ٦٠ × ٦٠ = ٣٦٠٠ ثانية

لتحويل الثواني الي درجات نقسم علي ٣٦٠٠، ولتحويل الدقائق الي درجات نقسم علي ٦٠، ثم نجمع القيم الثلاثة معا:

**الإحداثي بالدرجات = (قيمة الثواني ÷ ٣٦٠٠ ) + (قيم الدقائق ÷ ٦٠) + قيمة الدرجات**

أي أن:

خط الطول = ( ٥٢.٣" ÷ ٣٦٠٠ ) + ( ٤٥' ÷ ٦٠) + ٣٠°

= ٠.٠١٤٦١١° + ٠.٧٥° + ٣٠°

= ٣٠.٧٦٤٦١١°

## ٤-٣ تطبيقات الإحداثيات الجغرافية

تستخدم الإحداثيات الجغرافية (دوائر العرض و خطوط الطول) في عدد كبير من التطبيقات في مجالات الجغرافيا و الخرائط و الهندسة المدنية و المساحية، وتشمل بعض هذه التطبيقات ما يلي.

تحديد الاتجاهات:

الإحداثيات الجغرافية هي الهيكل العظمي للخريطة، ومن أهم تطبيقاتها تحديد الاتجاهات علي الخريطة فاتجاه زيادة قيم خطوط الطول علي الخريطة يدل علي اتجاه الشرق بينما اتجاه تناقصها يدل علي اتجاه الغرب. وبالمثل فأن اتجاه زيادة قيم دوائر العرض علي الخريطة يدل علي اتجاه الشمال بينما اتجاه تناقصها يدل علي اتجاه الجنوب.

تحديد المواقع:

أهم استخدامات الإحداثيات الجغرافية يكمن في التحديد الدقيق لموقع أي ظاهرة أو معلم جغرافي سواء علي سطح الأرض أو علي الخريطة.

تحديد مقياس رسم الخريطة:

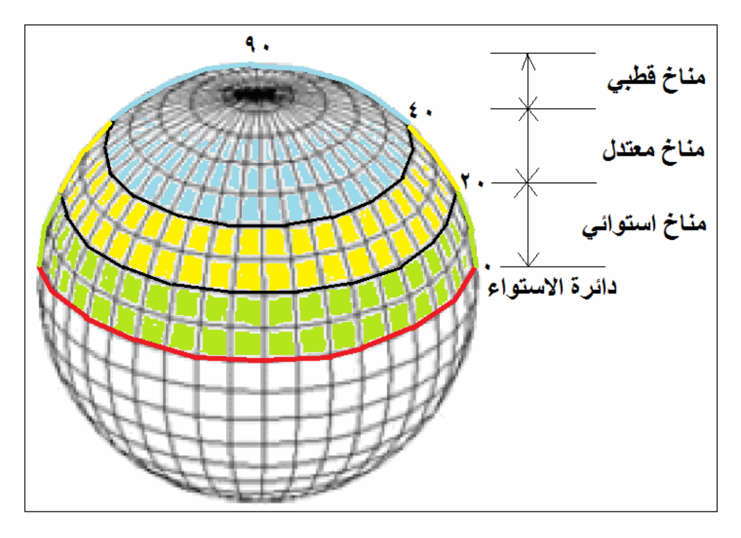
تمكننا الإحداثيات الجغرافية من حساب المسافة الحقيقية علي سطح الأرض بين أي نقطتين، فإذا قمنا بقياس المسافة علي الخريطة بين هاتين النقطتين أمكننا حساب مقياس ر سمن هذه الخريطة في حالة أنه غير معلوم.

الملاحة:

يمكن التحرك من نقطة معلومة الإحداثيات الي نقطة أخري معلومة الإحداثيات من خلال حساب أو تقدير المسافة و الاتجاه بين كلتا النقطتين، وهذا ما يطلق عليه الملاحة. ويتم استخدام الإحداثيات الجغرافية في الملاحة البرية (التحرك بين نقطتين معلومتين عن طريق السيارة) و الملاحة البحرية (عن طريق السفن) و الملاحة الجوية (بالطائرات) والملاحة الفضائية (باستخدام مكوك الفضاء)، فالإحداثيات الجغرافية هي التي تمكننا من تحديد اتجاه و طول خط السير بين النقطتين أو المكانين.

تحديد الأقاليم المناخية:

تستخدم دوائر العرض في معرفة الأقاليم المناخية السائدة لأي موقع علي سطح الأرض كما يتضح من الشكل التالي:




**شكل (٤-٦) المفهوم المناخي لدوائر العرض**

تحديد الزمن:

تستخدم خطوط الطول في معرفة فرق الزمن بين أي نقطتين علي سطح الأرض، فالكرة الأرضية مكونة من ٣٦٠ خط طول بينما الزمن الذي تستغرقه هذه الكرة للدوران دورة كاملة حول نفسها هو ٢٤ ساعة، أي أن:

٣٦٠ درجة من خطوط الطول = ٢٤ ساعة زمنية

مما يعني أن:

١٥ درجة من خطوط الطول = ١ ساعة زمنية

أو بصورة أخري فأن:

١ درجة من خطوط الطول = ٤ دقيقة زمنية

فإذا عرفنا قيمة خط الطول لنقطتين نستطيع أن نحسب فارق التوقيت بينهما:

**فرق الزمن بالدقائق = فرق خطوط الطول × ٤**

ويدل ذلك علي أن المدن التي تقع علي نفس خط الطول يكون الزمن عندهم واحد.

مثال:

إذا كانت الساعة في مدينة جرينتش بانجلترا الآن ٧:٣٠ مساء فكم تكون الساعة في مدينة القاهرة الواقعة علي خط الطول ٣٠° شرقا؟

من المعلوم أن خط طول جرينتش = ٠°

فرق خطي الطول = ٣٠ - ٠ = ٣٠°

وحيث أن ١ درجة من خطوط الطول = ٤ دقيقة زمنية، فأن:

فرق الزمن بالدقائق = فرق خطوط الطول × ٤

= ٣٠° × ٤ = ١٢٠ دقيقة

= ١٢٠ ÷ ٦٠ = ٢ ساعة

وحيث أن مدينة القاهرة تقع شرق جرينتش، فأن الزمن بالقاهرة سيكون أكثر من الزمن بجرينتش في نفس الوقت:

الزمن في مدينة القاهرة = الزمن في مدينة جرينتش + فرق الزمن

= ٧:٣٠ + ٢ = ٩:٣٠ مساءا

مثال ٢:

إذا كانت الساعة في مدينة طهران الإيرانية الواقعة علي خط طول ٥٠° شرقا الآن هي العاشرة صباحا، فكم تكون الساعة في مكة المكرمة الواقعة علي خط الطول ٤٠° شرقا؟

فرق خطي الطول = ٥٠ - ٤٠ = ١٠°

وحيث أن ١ درجة من خطوط الطول = ٤ دقيقة زمنية، فأن:

فرق الزمن بالدقائق = فرق خطوط الطول × ٤ = ١٠° × ٤ = ٤٠ دقيقة

وحيث أن مدينة مكة المكرمة تقع الي الغرب من مدينة طهران كما يتضح من قيمة خط طول كلاهما، فأن الزمن بمكة المكرمة سيكون أقل من الزمن بطهران في نفس الوقت:

الزمن في مكة المكرمة = الزمن في طهران - فرق الزمن

= ١٠:٠ - ٠:٤٠ = ٩:٢٠ صباحا

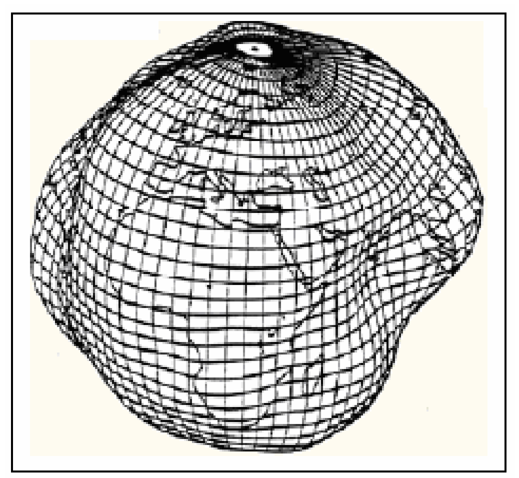
## ٤-٤ شكل الأرض وإحداثيات الخرائط

منذ القرن الثاني قبل الميلاد أكتشف العلماء أن الأرض كرة وليست قرص يطفو فوق سطح الماء كما كان معتقدا قبل ذلك. وفي عام ١٦٨٦م (١٠٩٨ هـ) صاغ العالم الشهير اسحق نيوتن نظريته عن أن خصائص كوكب الأرض تدل علي أنه جسم "شبه كروي" وأنه غير تام الاستدارة، وتلا ذلك قيام أكاديمية العلوم الفرنسية في عام ١٧٣٥ (١١٤٧ هـ) بعمل بعض القياسات الميدانية والتي أثبتت بشكل عملي أن الأرض مفلطحة عند القطبين وليست كروية الشكل تماما. ومع بداية القرن التاسع عشر الميلادي و من خلال إجراء القياسات الدقيقة تم تقدير أن نصف قطر الأرض عند دائرة الاستواء يبلغ ٦٣٧٨ كيلومتر بينما يبلغ نصف القطر في اتجاه القطبين ٦٣٥٧ كيلومتر، أي أن الفرق بينهما يبلغ ٢١ كيلومتر تقريبا، مما يدل علي أن الأرض ليست كروية تماما (وإلا كان نصفي القطر متساويين).

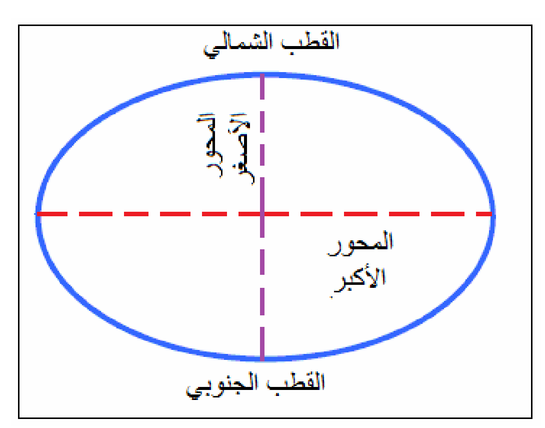
في حقيقة الأمر فأن كوكب الأرض يتميز بأنه غير منتظم الشكل، إلا أن علماء المساحة و الخرائط قد وجدوا أن "أقرب" الأشكال الهندسية للشكل الحقيقي للأرض هو الشكل البيضاوي أو ما يطلق عليه الاليبسويد Ellipsoid، حيث أنه شكل منبعج عند القطبين ويتميز أن له محورين غير متساويين. وهذه الحقيقة هامة جدا في علم الخرائط حيث أن الخريطة هي تمثيل مصغر لسطح الأرض مما يتطلب معرفة شكل الأرض الحقيقي كي يمكن تمثيلها علي الخريطة، كما أن حسابات الخرائط تعتمد علي معرفة خصائص شكل الأرض.

يمكن اعتبار الأرض عبارة عن كرة في الخرائط صغيرة المقياس (التي تغطي مساحات شاسعة من سطح الأرض) حيث أن الفرق بين شكل الأرض الحقيقي و شكل الكرة لن يكون ذا تأثير ملموس علي هذا النوع من الخرائط التي لا تتطلب دقة عالية. بينما لا يمكن قبول الشكل الكروي للأرض عند تطوير خرائط كبيرة المقياس (لمساحات صغيرة من سطح الأرض) لأنها خرائط تحتاج دقة عالية ويتم الاعتماد عليها في قياس المسافات و المساحات. في مثل هذه الخرائط يتم الاعتماد (في حسابات الخرائط) علي أن الأرض شكل بيضاوي وليست كرة، ومن ثم تكتب خصائص هذا الشكل البيضاوي المستخدم علي الخريطة كأحد عناصر الأساس الرياضي لها.

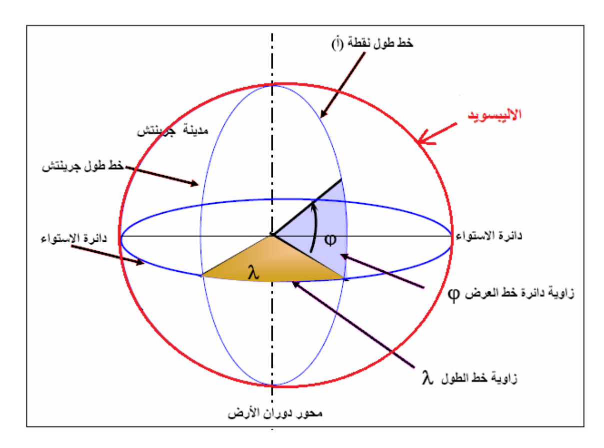
تم ابتكار نظام آخر من الإحداثيات يشابه تماما نظام الإحداثيات الجغرافية (خطوط الطول و دوائر العرض) إلا أنه يستخدم الشكل البيضاوي كأساس لتمثيل الأرض، وسميت هذه الإحداثيات بالإحداثيات الجيوديسية وتتكون من دوائر العرض الجيوديسية و خطوط الطول الجيوديسية. وهذا النوع من الإحداثيات هو المستخدم في الخرائط ذات مقاييس الرسم الكبيرة، فهو أكثر دقة لتمثيل المعالم الجغرافية في المناطق صغيرة المساحة.



شكل (٤-٧) الأرض غير منتظمة الشكل




شكل (٤-٨) الاليبسويد



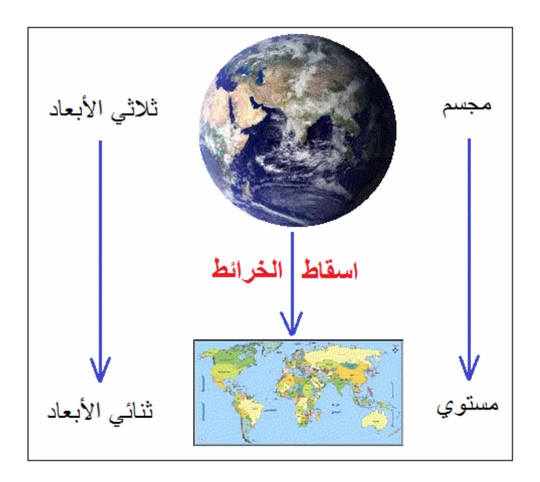

شكل (٤-٩) الإحداثيات الجيوديسية علي الاليبسويد

# الفصل الخامس

# إسقاط الخرائط

## ٥-١ مقدمة

الأرض عبارة عن جسم شبه كروي يحتاج لثلاثة أبعاد أو قيم أو إحداثيات للتحديد الدقيق لموقع أي نقطة علي هذا المجسم، بينما نجد علي الجانب الآخر أن الخريطة عبارة عن سطح مستوي ولا يحتاج إلا لبعدين أو إحداثيين فقط لتحديد موقع أي نقطة عليها. والسؤال الذي يتبادر للأذهان هو: كيف يمكن تمثيل هذه الكرة أو هذا الشكل البيضاوي (الأرض) علي سطح مستوي (الخريطة) لتكون الخريطة تمثيلا دقيقا مصغرا لسطح الأرض و معالمها؟ وكيف يمكن تحويل الإحداثيات الثلاثية لأي نقطة علي الأرض الي إحداثيات ثنائية علي الخريطة؟ تكمن إجابة هذا السؤال في "إسقاط الخرائط".




شكل (٥-١) إسقاط الخرائط

ولا يعد علم إسقاط الخرائط علما حديثا، فقد وجدت مؤلفات للعالم الإغريقي الشهير بطليموس (في القرن الثاني قبل الميلاد) تشرح طريقة أو فكرة لكيفية رسم الكرة السماوية علي سطح مستوي. أما العالم الهولندي الشهير جيرار ميريكاتور فيعد أول من تحرر من طريقة بطليموس و سلك طريقا جديدا في رسم الخرائط (في عام ١٥٥٤م/ ٩٦٠ هـ) باستخدام المخروط وقام بإنشاء طريقة جديدة لإسقاط الخرائط أسماها باسمه ومازالت مستخدمة حتى الآن. وفي القرن الثامن عشر الميلادي ظهرت عدة طرق جديدة من طرق الإسقاط مثل طريقة العالم الألماني لامبرت.

## ٥-٢ إسقاط الخرائط

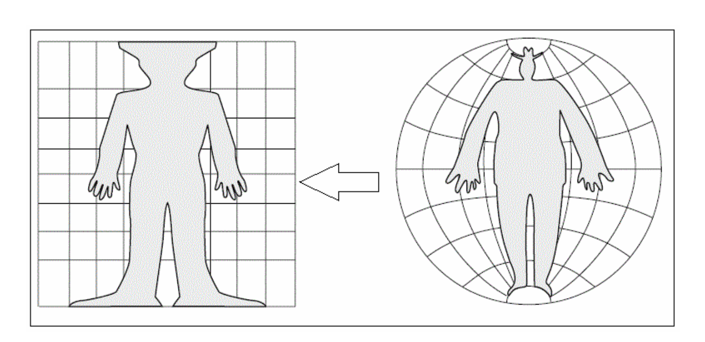
إسقاط الخرائط عبارة عن طرق و معادلات رياضية تهدف الي تحويل إحداثيات المواقع الحقيقية الموجودة علي سطح الأرض الي إحداثيات مناظرة لها علي الخريطة بهدف إعداد الخريطة لتمثل الواقع الحقيقي بكل دقة وان كان بصورة مصغرة. وأولي الصعوبات التي تواجه طرق إسقاط الخرائط أنه لا يمكن تمثيل (رسم) الشكل المجسم الحقيقي للأرض علي سطح مستوي بصورة تامة التماثل. فلكي يكون التماثل تاما (١٠٠%) يجب أن تتحقق ثلاثة شروط هندسية وهي:

(١) تمثل المسافات علي الخريطة ما يقابلها علي الطبيعة تماما.

(٢) تمثل المساحات علي الخريطة ما يقابلها علي الطبيعة تماما.

(٣) تمثل الاتجاهات علي الخريطة ما يقابلها علي الطبيعة تماما.

ولا توجد أيه طريقة رياضية تحقق هذه الشروط الثلاثة معا، ومن ثم فأن هناك عشرات من مساقط الخرائط (طرق إسقاط الخرائط) و لكلا منها مميزات و استخدامات محددة، والشكل الناتج علي الخريطة من تطبيق طريقة الإسقاط يسمي "مسقط". وبصفة عامة فلا توجد طريقة إسقاط إلا و بها "تشوه"، أي جزء بسيط من عدم التطابق أو عدم التماثل بين ما هو علي الخريطة و ما هو علي الطبيعة.



**شكل (٥-٢) مفهوم التشوه في إسقاط الخرائط**

وتجدر الإشارة الي أن الخرائط كبيرة المقياس جدا (المخططات التي تمثل أجزاء صغيرة جدا من سطح الأرض مثل مشروع هندسي أو جزء من حي داخل مدينة) لا تحتاج لإسقاط الخرائط حيث أننا نفترض أن هذا الجزء الصغير جدا من الأرض هو سطح مستوي ولن يكون لكروية الأرض أي تأثير به، ومن ثم يمكننا رسم القياسات الميدانية مباشرة علي هذه المخططات.

## ٥-٣ أنواع مساقط الخرائط

فلنتخيل أن هناك مصدر ضوئي مشع موجود في مكان ما علي سطح الأرض وأن هناك لوحة مستوية (أي الخريطة) موجودة بحيث أن مصدر الضوء هذا سيلقي ظلالا للمعالم الجغرافية علي هذه اللوحة المستوية، وهذه الظلال هي ما سيتم رسمه علي الخريطة. طبقا لموضع المصدر الضوئي (هل هو عند أحد قطبي الأرض أم عند دائرة الاستواء أم في مكان آخر) فستكون لدينا نماذج مختلفة لما سيظهر علي اللوحة المستوية، أي سيكون لدينا عدد من المساقط. أيضا إذا تغير موضع اللوحة المستوية ذاتها (هل هي عند القطبين أم عند دائرة الاستواء .... الخ) سينتج أنواع أخري من مساقط الخرائط. والآن نتخيل أننا بدلا مكن أن نضع اللوحة المستوية بشكلها كما هي سنقوم بلفها كاسطوانة حول سطح الأرض، أو بلفها كمخروط حول الأرض، وبالتالي سيكون لدينا أنواع أخري من طرق تمثيل معالم سطح الأرض علي هذه اللوحة في وضعها الجديد. وبناءا علي ذلك فتوجد عشرات من أنواع و طرق إسقاط الخرائط، وأيضا توجد عده تقسيمات أو عدة تصنيفات لهذه الأنواع المختلفة.

(أ) التقسيم المعتمد علي شكل لوحة الإسقاط:

- مساقط مستوية (أو اتجاهية) Zenithal or Stereographic
- مساقط اسطوانية Cylindrical
- مساقط مخروطية Conical

(ب) التقسيم المعتمد علي وضع لوحة الإسقاط:

كلما تغير وضع لوحة الإسقاط (سواء كانت مستوية أم اسطوانة أم مخروط فهل ستكون عمودية أم أفقية أم مائلة علي سطح الأرض) كلما نتج أنواع مختلفة من المساقط:

- مساقط عادية Normal حيث لا يكون سطح الإسقاط مائلا علي سطح الأرض.
- مساقط مستعرضة Transverse حيث يكون سطح الإسقاط مائلا بزاوية ٩٠ درجة علي سطح الأرض.
- مساقط مائلة Oblique حيث يكون سطح الإسقاط مائلا بأي زاوية علي سطح الأرض.

(ج) التقسيم المعتمد علي الخصائص الهندسية للمسقط:

لا يوجد إسقاط يمكنه المحافظة علي التطابق التام بين كل الخصائص الهندسية للمعالم الجغرافية الموجودة علي سطح الأرض وما يقابلها علي الخريطة، وفي هذا الصدد توجد عدة أنواع من المساقط:

- مساقط تحافظ علي الاتجاهات و الأشكال Conformal وتسمي أيضا بالمساقط التشابهية حيث أن الزوايا ستظهر بحقيقتها تماما (أي ستظهر شبكة الإحداثيات الجغرافية - من دوائر عرض و خطوط طول - متعامدة علي الخريطة)
- مساقط تحافظ علي المساحات Equal-Area وتسمي أيضا بالمساقط التكافؤية.
- مساقط تحافظ علي المسافات Equal-Distance

(د) التقسيم المعتمد علي وضع مصدر الضوء:

بناءا علي موضع مصدر الضوء الذي سيسقط علي الأرض ليتم تمثيلها علي الخريطة فتوجد عدة أنواع من المساقط:

- مساقط مركزية Centrographic حيث يكون مصدر الضوء في مركز الأرض.
- مساقط سطحية Stereographic حيث يكون مصدر الضوء علي سطح الأرض.
- مساقط خارجية Scenographic حيث يكون مصدر الضوء خارج الأرض.
- مساقط عمودية Orthographic حيث يكون مصدر الضوء علي مسافة بعيدة جدا (تقريبا ما لا نهاية) من الأرض مما يجعل الِأشعة الساقطة علي الأرض متوازية وعمودية علي سطح الأرض.

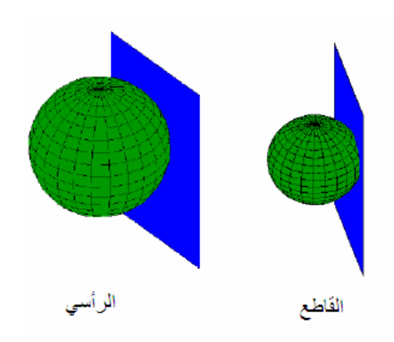
(ذ) التقسيم المعتمد علي المنطقة الجغرافية علي المسقط:

بناءا علي المنطقة التي سيتم تمثيلها علي المسقط (أي الخريطة) توجد عدة أنواع من المساقط:

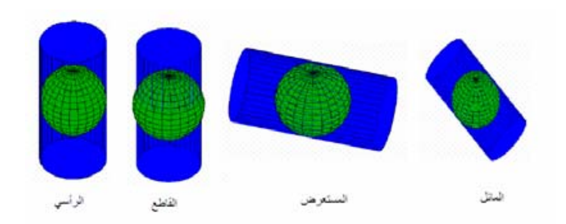
- مساقط خاصة برسم العالم.
- مساقط خاصة برسم نصف الكرة الأرضية.
- مساقط خاصة برسم قارة أو إقليم.

وغالبا فأن أي طريقة إسقاط تحمل خاصيتين من الخصائص السابقة ويكون اسم الطريقة معبرا عن مواصفاتها، فنقول مثلا المسقط المخروطي متساوي المساحات (أي أن

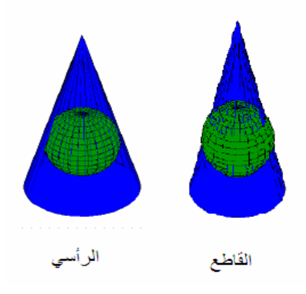
اللوحة عبارة عن مخروط والمسقط الناتج يحافظ علي التطابق والتماثل التام في المساحات) ومثلا المسقط الاتجاهي متساوي المسافات (أي أن لوحة الإسقاط عبارة عن مستوي والمسقط الناتج يحافظ علي التطابق التام في المسافات). وبعض المساقط يجمل اسم العالم الذي قام بابتكار طريقة الإسقاط هذه، كأن نقول مسقط ميريكاتور نسبة للعالم الشهير ميريكاتور.




**(أ) طرق الإسقاط المستوية أو الاتجاهية**

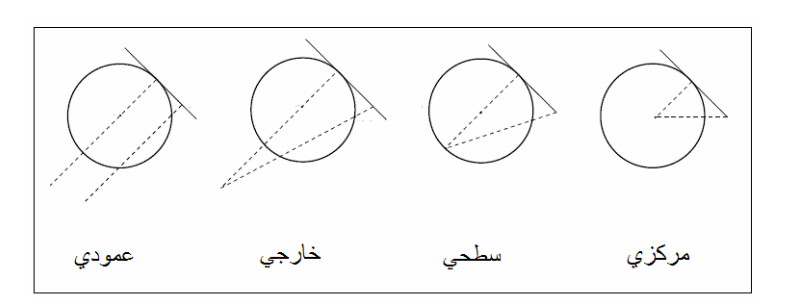



**(ب) طرق الإسقاط الاسطواني**




**(ج) طرق الإسقاط المخروطي**

**شكل (٥-٣) طرق الإسقاط بناءا علي شكل اللوحة**




**شكل (٥-٤) طرق الإسقاط بناءا علي موضع مصدر الضوء**

## ٥-٤ اختيار مسقط لخريطة

لوجود أنواع عدة من مساقط الخريطة فأن اختيار المسقط المناسب لخريطة معينة يجب أن يتم بدقة و عناية حتى تفي الخريطة الناتجة بالأهداف و الخصائص المطلوبة. ومن ثم يجب علي الكارتوجرافي أن يلم بمواصفات المساقط و كيفية المفاضلة و الاختبار بينهم.

للمفاضلة بين أنواع المساقط طبقا لنوع لوحة (أو سطح) الإسقاط فأن المساقط الاسطوانية تكون أكثر ملائمة للمناطق الاستوائية بينما تكون المساقط المخروطية أكثر مناسبة للمناطق الواقعة بين الاستواء و القطب، أما للمناطق القطبية فأن المساقط الاتجاهية تكون هي الأمثل.

كما يعتمد اختيار المسقط الملائم علي الغرض الذي من أجله سيتم إنشاء الخريطة، فخرائط التوزيعات ذات مقاييس الرسم الصغيرة (أي تغطي مساحات كبيرة من سطح الأرض) يجب أن تمثل علي مساقط متساوية المساحات. أما إن كان الهدف من الخريطة هو قياس الاتجاهات و الزوايا (مثل الخرائط الملاحية) فيجب أن يكون مسقطها من النوع الذي ينتج عنه تطابق و تماثل تام في الاتجاهات، وأيضا تستخدم المساقط الاتجاهية متساوية المسافات للخرائط التي سيتم الاعتماد عليها في قياس المسافات علي سطح الأرض. أما الخرائط الأطلسية التي تعني بإبراز الشكل المجسم للأرض وتختص بدراسة الأرض ككل فأن المسقط المستوي أو الاتجاهي يكون هو الأفضل لها.

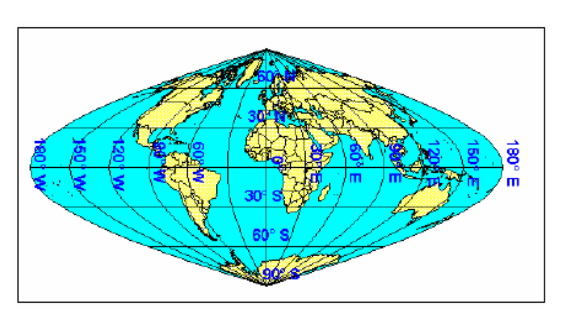
أيضا يلعب شكل المنطقة الجغرافية المطلوب إسقاطها دورا مهما في تحديد طريقة الإسقاط المناسبة، فكمثال نختار طريقة إسقاط مستوية إذا كانت شكل المنطقة شبه دائري و طريقة إسقاط اسطوانية للمناطق شبه المستطيلة و طريقة إسقاط مخروطية للمناطق شبه المثلثيه.

## ٥-٥ بعض أنواع مساقط الخرائط:

في الجزء التالي سنستعرض وبصورة مبسطة غير تفصيلية بعضا من نماذج مساقط الخرائط الشهيرة:

### ٥-٥-١ مسقط ساينسويدال متساوي المساحات Sinusoidal Equal-Area Projection :

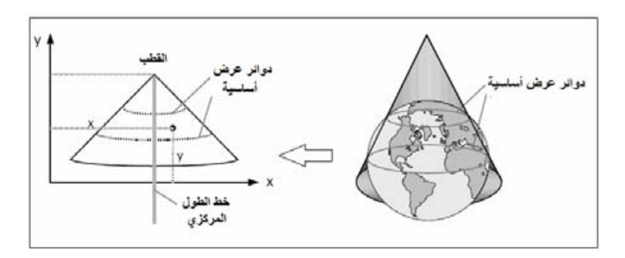
هو مسقط يحافظ علي المساحات (تطابق تام بين المساحة علي الخريطة و المساحة المناظرة علي الأرض)، وفيه تتعامد دوائر العرض علي خط الطول المركزي فقط (خط الطول الذي يحدث عنده تماس بين لوحة الإسقاط و الأرض)، بينما مع باقي خطوط الطول فأن دوائر العرض تكون مقوسة بما يشبه منحني جيب الزاوية sin curves (من هنا جاء اسم هذا المسقط: المسقط الجيبي). ويكون مقياس الرسم صحيحا فقط عند خط الطول المركزي و دوائر العرض ، ويستخدم هذا المسقط للمناطق التي تمتد في أنجاه شمال-جنوب.




**شكل (٥-٥) مسقط ساينسويدال متساوي المساحات**

### ٥-٥-٢ مسقط لامبرت المخروطي المتماثل Lambert Conformal Conic Projection:

يستخدم هذا المسقط المخروط كلوحة إسقاط، ويحدث تماس بين المخروط و سطح الأرض عند دائرتي عرض تسميان دائرتي العرض القياسيتين Standard Parallels. وفي هذا النوع من المساقط تكون المساحات و الأشكال متماثلة عند دائرتي العرض القياسيتين ويزداد التشوه كلما ابتعدنا عنهما ، كما تكون الاتجاهات صحيحة في مناطق محدودة.




**شكل (٥-٦) مسقط لامبرت المخروطي المتماثل**

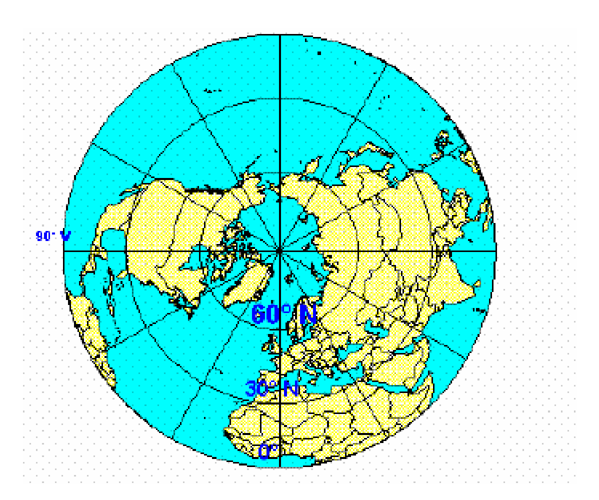
وهذا المسقط مستخدم في المملكة العربية السعودية للخرائط ذات مقياس الرسم الصغير (أصغر من ١ : ١٠،٠٠٠،٠٠٠ ) لإظهار الأشكال و المساحات متساوية بهدف إعطاء صورة عامة صحيحة عن مساحة المملكة و مناطقها الإدارية.




**شكل (٥-٧) مسقط لامبرت المخروطي في خرائط السعودية**

## ٥-٥-٣ مسقط لامبرت السمتي متساوي المساحات Lambert Azimuthal Equal-Area Projection:

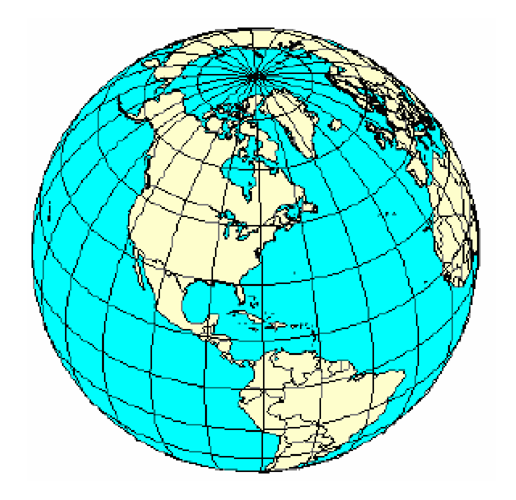
يستخدم هذا المسقط المستوي (وليس الاسطوانة أو المخروط)، وهو مطبق غالبا لرسم مناطق واسعة من المحيطات. وفيه يكون خط الطول المركزي خطا مستقيما بينما تكون باقي خطوط الطول منحنية.




**شكل (٥-٨) مسقط لامبرت السمتي متساوي المساحات**

## ٥-٥-٤ المسقط الارثوجرافي أو المتعامد Orthographic Projection :

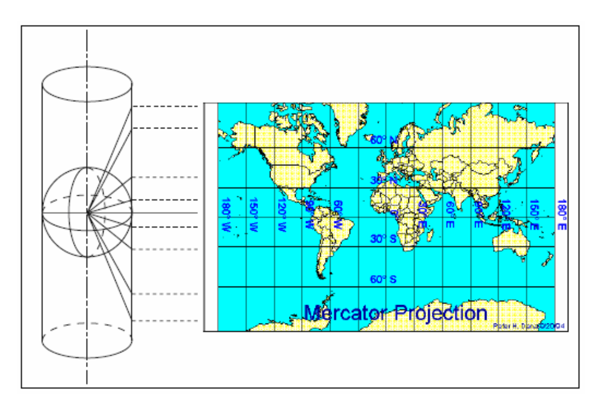
هو مسقط مستوي أو سمتي أيضا (أي يستخدم المستوي في الإسقاط) يستخدم غالبا لإظهار صورة عامة أو منظور لنصف الكرة الأرضية. وبه يوجد تشوه لكلا من المساحات و الأشكال وتكون المسافات صحيحة علي دائرة الاستواء ودوائر العرض الأخرى.



**شكل (٥-٩) المسقط المتعامد أو الأرثوجرافي**

## ٥-٥-٥ مسقط ميريكاتور Mercator Projection :

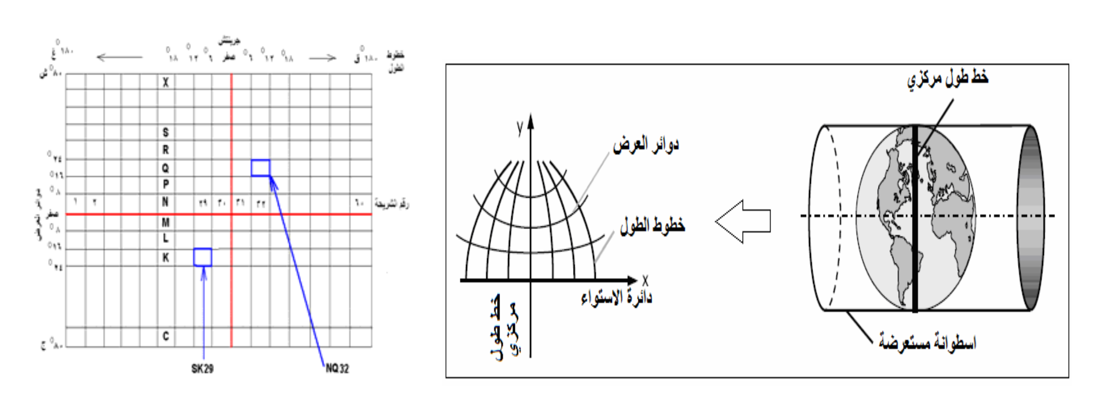
هو مسقط أسطواني يحقق شرط أن خطوط الطول و دوائر العرض تتقاطع في زوايا قائمة تماما. و يكون المقياس صحيحا عند دائرة الاستواء أو عند دائرتي عرض قياسيتين علي مسافات متساوية من الاستواء. وغالبا يستخدم هذا المسقط في الخرائط البحرية.




**شكل (٥-١٠) مسقط ميريكاتور**

## ٥-٥-٦ مسقط ميريكاتور المستعرض Transverse Mercator Projection :

ينتج هذا المسقط من إسقاط الأرض علي اسطوانة تمسها عند خط طول مركزي Central Meridian. وغالبا يستخدم هذا المسقط للمناطق التي تمتد في اتجاه شمال-جنوب أكبر من امتدادها في اتجاه شرق-غرب. يزداد التشوه (في المقياس و المسافة و المساحة) كلما ابتعدنا عن خط الطول المركزي ، ولذلك نلجأ إلي فكرة الشرائح عند استخدام هذا المسقط حيث يكون عرض الشريحة الواحدة – في اتجاه الشرق – ثلاثة أو أربعة درجات من خطوط الطول بحيث لا يكون مقدار التشوه كبيرا عند أطراف الشريحة التي يقع خط طولها المركزي في منتصفها. مسقط ميريكاتور المستعرض مستخدم في خرائط الكثير من دول العالم مثل مصر و بريطانيا.




**شكل (٥-١١) مسقط ميريكاتور المستعرض**

## ٥-٥-٧ مسقط ميريكاتور المستعرض العالمي Universal Transverse Mercator Projection:

يعد هذا المسقط أشهر أنواع مساقط الخرائط علي المستوي العالمي و يرمز له اختصارا بأحرف UTM، وهو من المساقط التي تحافظ علي المساحات. أيضا لأنه يعتمد علي فكرة تقسيم الأرض الي شرائح صغيرة فأن التشوه يكون بسيطا مما يجعل هذا المسقط مناسبا للخرائط كبيرة المقياس. كما زادت أهميته في السنوات الأخيرة بسبب أنه أحد المساقط المستخدمة في أجهزة تقنية النظام العالمي لتحديد المواقع GPS.

ويتكون المسقط من عدد من النقاط تشمل:

- يعتمد مسقط UTM علي إيجاد طريقة لرسم خرائط العالم كله وذلك عن طريق تقسيم الأرض إلي ٦٠ شريحة zones كلا منها يغطي **٦ درجات** من خطوط الطول بحيث يكون لكل شريحة مسقط UTM له خط طول مركزي Central Meridian يقع في مركز هذه الشريحة.

- تمتد شرائح مسقط UTM من دائرة العرض ٨٠ جنوبا إلي دائرة العرض ٨٤ شمالا.
- ترقم الشرائح من رقم ١ إلي رقم ٦٠ بدءا من خط الطول ١٨٠° غرب ، بحيث تمتد الشريحة الأولي من ١٨٠° غرب إلي ١٧٤° غرب ويكون خط طولها المركزي central meridian عند ١٧٧° غرب.
- تقسم كل شريحة طولية إلي مربعات كل **<u>٨ درجات</u>** من دوائر العرض.
- يكون هناك حرف خاص – كاسم - لكل مربع من هذه المربعات ، وتبدأ الحروف من حرف **<u>C</u>** جنوبا إلي حرف X شمالا مع **<u>استبعاد</u>** حرفي I و O (لقرب الشبه بينهما وبين الأرقام الانجليزية**!**).

| C | D | E | F | G | H | I | J | K | L | M | N | O | P | Q | R | S | T |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | - | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | - | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 |

- يكون معامل المقياس scale factor مساويا ٠.٩٩٩٦ عند خط الطول المركزي ، بحيث مع ازدياد التشوه كلما بعدنا عن خط الطول المركزي فأن أقصي قيمة لمعامل القياس عند أطراف الشريحة ستكون ١.٠٠٠٩٧ عند خط الاستواء أو ١.٠٠٠٢٩ عند دائرة عرض ٤٥° ش.

لتحديد رقم شريحة UTM لأي موقع جغرافي:

$$\textbf{ترتيب الحرف} = \left( \frac{\textbf{دائرة العرض} + ٨٠}{٨} \right) + ١$$

المعادلة السابقة لحالة أن الموقع الجغرافي يقع شمال دائرة الاستواء، أما إن كان الموقع يقع <u>جنوب</u> خط الاستواء فيتم استخدام معادلة أخري هي:

ترتيب الحرف = ( دائرة العرض - ٨٠ ) ÷ ٨

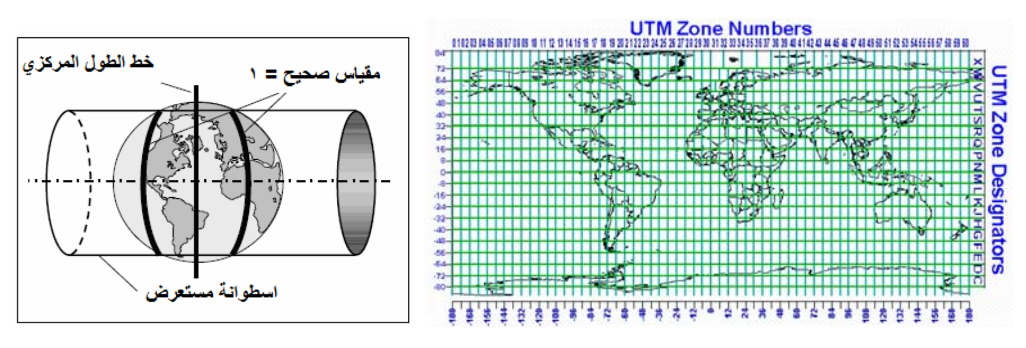
ولحساب رقم الشريحة:

$$\textbf{رقم الشريحة} = \left( \frac{\textbf{خط الطول}}{٦} \right) + ٣١$$

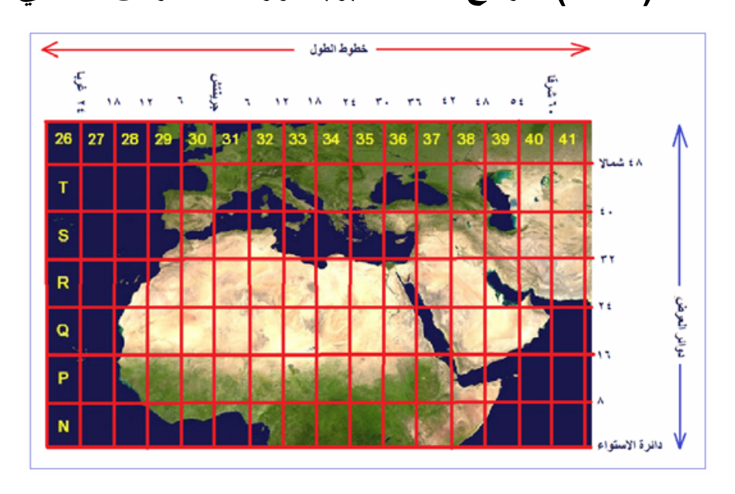
المعادلة السابقة لحالة أن الموقع الجغرافي يقع شرق جرينتش، أما إن كان الموقع يقع <u>غرب</u> جرينتش فيتم استخدام معادلة أخري هي:

رقم الشريحة = ( خط الطول ÷ ٦ ) - ٣٠

علي أن يتم في كلتا المعادلتين ٤-٨ و ٤-٩ أخذ الرقم <u>الصحيح</u> للناتج فقط ودون تقريب.




**شكل (٥-١٢) شرائح مسقط ميريكاتور المستعرض العالمي**




**شكل (٥-١٣) شرائح مسقط ميريكاتور المستعرض للدول العربية**

<u>مثال ١:</u>

حدد رقم شريحة UTM التي تقع بها مدينة جدة: خط الطول ١٧" ١٠' ٣٩° شرقا و دائرة العرض ٥٥" ٢٩' ٢١° شمالا؟

<u>أولا:</u> نحول خط الطول و دائرة العرض إلي وحدات الدرجات ليسهل التعامل معها:

خط الطول = (٣٦٠٠/١٧) + (٦٠/١٠) + ٣٩ = ٣٩.١٧١ درجة

دائرة العرض = (٣٦٠٠/٥٥) + (٦٠/٢٩) + ٢١ = ٢١.٤٩٩ درجة

<u>ثانيا:</u> لتحديد الشريحة العرضية (الحرف):

ترتيب الحرف = ( ( دائرة العرض + ٨٠ ) ÷ ٨ ) + ١

= ( ( ٢١.٤٩٩ + ٨٠) ÷ ٨ ) + ١

= ( ١٠١.٤٩٩ ÷ ٨ ) + ١ = ١٢.٧ + ١ = ١٣.٧

أي الحرف رقم ١٣ (مع إلغاء الكسر الناتج).

الحرف رقم ١٣ في الحروف الانجليزية (بدءا من حرف C مع استبعاد حرفي I, O) هو: <u>**Q**</u>

| C | D | E | F | G | H | I | J | K | L | M | N | O | P | Q | R | S | T |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | - | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | - | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 |

ثالثا: لتحديد رقم الشريحة:

رقم الشريحة = ( خط الطول ÷ ٦ ) + ٣١

= ( ٣٩.١٧١ ÷ ٦ ) + ٣١

= ٦.٥ + ٣١ = ٣٧.٥

أي أنها الشريحة رقم **٣٧** (مع إلغاء الكسر الناتج).

إذن:

رقم شريحة UTM لمدينة جدة هو : **Q37**

رابعا: وبما أن جدة تقع شمال دائرة الاستواء (لاحظ دائرة العرض لجدة حيث بها الحرف "ش") فنضيف حرف N الي رقم الشريحة ليصبح: **NQ37**

مثال ٢:

ما هي حدود المنطقة الجغرافية التي تغطيها الشريحة NR36 من شرائح نظام UTM ؟

أولا: حيث أن رقم الشريحة يبدأ بحرف N فأن هذه المنطقة الجغرافية ستقع شمال دائرة الاستواء.

ثانيا: معلومات نستنبطها من حرف الشريحة: الحرف N هو الحرف المقابل لأول شريحة من شرائح UTM التي تقع شمال دائرة الاستواء، والحرف R يقع بعد N بأربعة حروف مما يدل علي أن الشريحة R ستكون هي الشريحة الرابعة شمال خط الاستواء.

وحيث أن كل شريحة تشغل ٨ درجات من دوائر العرض فأن:

**أقصي دائرة عرض للشريحة = ٨° × ترتيب حرف الشريحة**

أي أن:

أقصي دائرة عرض للشريحة R = ٨° × ٤ = ٣٢°

وبالتالي فأن:

**أقل دائرة عرض للشريحة = أقصي دائرة عرض - ٨°**

أقل دائرة عرض للشريحة R = ٣٢° - ٨° = ٢٤°

وبذلك فأن: الشريحة NR36 ستغطي منطقة جغرافية تبدأ من دائرة العرض ٢٤° شمالا و حتى دائرة العرض ٣٢° شمالا.

<u>ثالثا:</u> معلومات نستنبطها من رقم الشريحة: الرقم ٣٦ يدل علي أن هذه الشريحة تقع شرق خط طول جرينتش، حيث أن الشرائح من ١ الي ٣٠ تقع غرب جرينتش و الشرائح من ٣١ الي ٦٠ تقع شرق جرينتش. وهذه الشريحة رقم ٣٦ ستكون هي الشريحة رقم (٣٦-٣٠=) ٦ من الشرائح الواقعة شرق جرينتش.

وحيث أن كل شريحة تشغل ٦ درجات من خطوط الطول فأن:

**أقصي خط طول للشريحة = ٦° × رقم الشريحة بعد جرينتش**

أي أن:

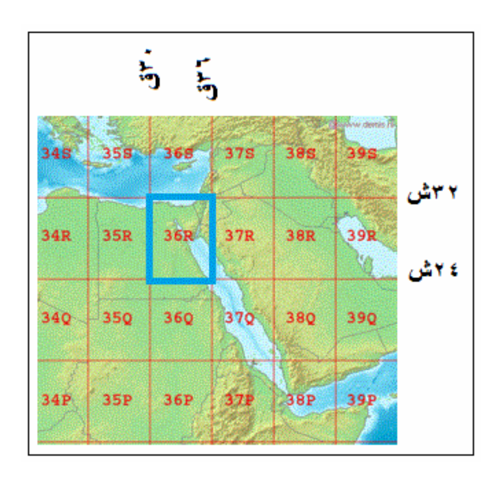
أقصي خط طول للشريحة ٣٦ = ٦° × ٦ = ٣٦°

وبالتالي فأن:

**أقل خط طول للشريحة = أقصي خط طول - ٦°**

أقل خط طول للشريحة ٣٦ = ٣٦° - ٦° = ٣٠°

وبذلك فأن: الشريحة NR36 ستغطي منطقة جغرافية تبدأ من خط الطول ٣٠° شرقا و حتى خط الطول ٣٦° شرقا.




## <u>٥-٦ نظم الإحداثيات المسقطة</u>

هناك عدة نظم إحداثيات أخري لا تعتمد علي فكرة الإحداثيات الجغرافية (دوائر العرض و خطوط الطول) التي تغطي الأرض حيث أن استخدام قيم هذه الإحداثيات (بالدرجات و الدقائق و الثواني) لا يكون أحيانا مناسبا لعدد كبير من مستخدمي الخرائط. أيضا فأن خطوط الطول تتقارب كلما اتجهنا ناحية أحد قطبي الأرض مما يجعل المسافة بين خطي طول متتاليين ليست مسافة ثابتة، فهذه المسافة (المقابلة لدرجة واحدة من خطوط الطول) تبدأ بقيمة ١١١.٣ كيلومتر عند دائرة الاستواء، ثم تبدأ في التناقص فتصل ١٠٧.٦ كيلومتر عند دائرة عرض ١٥° ثم تصل ٩٦.٥ كيلومتر عند دائرة عرض ٣٠° الي أن تصبح صفر كيلومتر عند دائرة

عرض ٩٠° أي عند القطب. أيضا و بسبب أن الأرض ليست تامة الاستدارة فأن المسافات بين دوائر العرض أيضا لن تكون متساوية، وان كان التغير فيها بسيط جدا بالمقارنة بالتغير في خطوط الطول.

| عند دائرة عرض | المسافة المقابلة لدرجة واحدة من دوائر العرض | المسافة المقابلة لدرجة واحدة من خطوط الطول |
|---|---|---|
| ٠° | ١١٠.٥٧٤ كم | ١١١.٣٢٠ كم |
| ١٥° | ١١٠.٦٤٩ كم | ١٠٧.٥٥١ كم |
| ٣٠° | ١١٠.٨٥٢ كم | ٩٦.٤٨٦ كم |
| ٤٥° | ١١١.١٣٢ كم | ٧٨.٨٤٧ كم |
| ٦٠° | ١١١.٤١٢ كم | ٥٥.٨٠٠ كم |
| ٧٥° | ١١١.٦١٨ كم | ٢٨.٩٠٢ كم |
| ٩٠° | ١١١.٦٩٤ كم | ٠ كم |

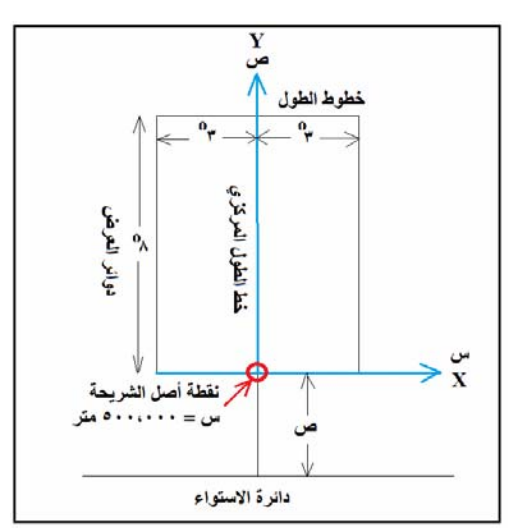
ومن ثم أبتكر العلماء - منذ عدة قرون - نظم أخري تسمي نظم الإحداثيات المسقطة (أي بعد إسقاط الأرض علي الخريطة) كما تسمي نظم الإحداثيات التربيعية (لأن شكل شبكة الإحداثيات ستكون شبكة مربعات متعامدة) وأيضا تسمي نظم الإحداثيات المترية (لأن الإحداثيات ستكون بوحدات الأمتار).

ويعد نظام إحداثيات ميريكاتور المستعرض العالمي UTM أشهر نظم الإحداثيات المسقطة أو التربيعية أو المترية. وهذا النظام مطبق في خرائط عدد كبير من الدول ومن ضمنها المملكة العربية السعودية.

يتكون نظام الإحداثيات المسقطة في UTM من:

- نقطة الأصل (صفر ، صفر) للشريحة تقع في تقاطع خط الطول المركزي للشريحة مع دائرة الاستواء.
- الإحداثي السيني X في اتجاه الشرق.
- الإحداثي الصادي Y في اتجاه الشمال.

- تكون قيم الإحداثيين السيني و الصادي بوحدات الأمتار.
- حتى لا نحصل علي قيم إحداثيات سالبة فيتم فرض قيمة إحداثيات شرقية زائفة False Easting لنقطة الأصل بقيمة ٥٠٠،٠٠٠ متر (لذلك فأن الإحداثي السيني لا يزيد عن ٦ خانات من الأرقام).
- لا تعطى أي قيمة إحداثيات شمالية زائفة False Easting لنقطة الأصل، أي أن قيمة الصفر في اتجاه الشمال تكون بالفعل عند دائرة الاستواء (وبذلك فأن الإحداثي الصادي قد يصل إلي ٧ خانات).




**شكل (٥-١٤) الإحداثيات المترية في نظام ميريكاتور المستعرض العالمي**

تجدر الإشارة لوجود بعض المواقع علي شبكة الانترنت التي تقدم خدمات آنية on-line لإجراء حسابات و تحويل الإحداثيات من نظام الإحداثيات الجغرافية الي نظام إحداثيات ميريكاتور المستعرض العالمي، ومنهم علي سبيل المثال:

http://www.rcn.montana.edu/resources/tools/coordinates.aspx

http://gis.dep.wv.gov/convert/llutm_conus.php

http://www.geod.nrcan.gc.ca/tools-outils/tools_info_e.php?apps=gsrug

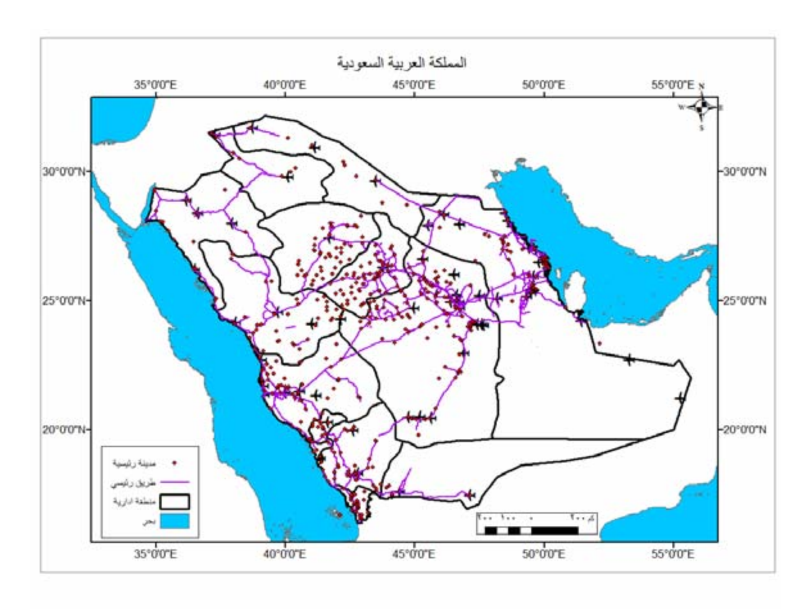
http://home.hiwaay.net/~taylorc/toolbox/geography/geoutm.html

# الفصل السادس

# الرموز

## ٦-١ مقدمة

يـتم رسـم الظـاهرات الجغرافيـة (التفاصـيل المكانيـة والمعلومـات غيـر المكانيـة) علـي الخريطة من خلال ٣ صور: النقطة، الخط، المضلع. فكمثال في الشكل التالى تم تمثيل المنـاطق الإدارية للمملكة العربية السعودية وأيضا تمثيـل البحـار باسـتخدام المضلعات، وتـم تمثيـل المدن الرئيسية بالمملكة وكذلك المطارات باستخدام النقاط، وتمثيل الطرق الرئيسية بالمملكـة باسـتخدام الخطوط.



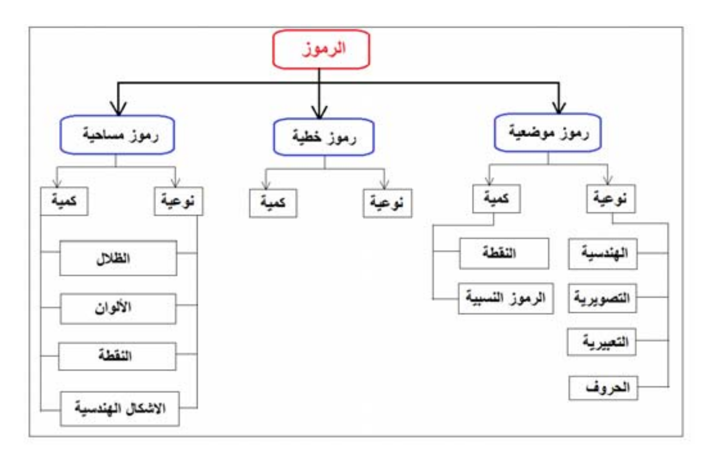

**شكل (٦-١) أنواع المظاهر الجغرافية علي الخريطة**

## ٦-٢ أنواع الرموز

بناءا علي ذلك التمثيل للظاهرات فأن الرموز المستخدمة في الخرائط تنقسم أيضا الـى ٣ أنواع من الرموز:

- الرموز النقطية أو المكانية
- الرموز الخطية
- الرموز المساحية

وفـي كـل نـوع مـن هـذه الأنـواع الرئيـسية يوجـد قـسمين فـرعين للرمـوز النوعيـة (لتمثيـل نـوع الظاهرة) والرموز الكمية (لتمثيل نوع و حجم أو قيمة الظاهرة).




**شكل (٦-٢) أنواع الرموز علي الخرائط**

## ٦-٣ الرموز النقطية (أو الموضعية):

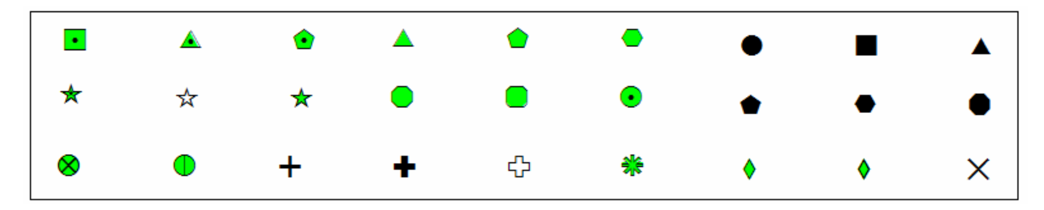
تتكون من مجموعتين فهي إما رموز نوعية أو رموز كمية.

### ٦-٣-١ الرموز النقطية النوعية:

تنقسم الى عدة أنواع فرعية:

(أ) الرموز الهندسية:

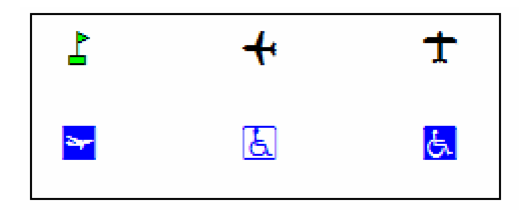
هي أشكال هندسية صغيرة مثل النقطة و الدائرة و المربع و المستطيل و المثلث و المعين و متوازي الأضلاع ... الخ تحدد موقع الظاهرة علي الخريطة. كما يمكن تغيير ألوان كل رمز للحصول علي رموز موضعية أخري. وفي حالة الخرائط الموضوعية الكمية فأن حجم الرمز يكون دالا علي قيمة الظاهرة، فمثلا كلما كبر حجم الدائرة في خرائط توزيع السكان كان ذلك دالا علي زيادة عدد سكان هذه المنطقة الجغرافية.



**شكل (٦-٣) رموز موضعية هندسية**

(ب) الرموز التصويرية:

عبارة عن صور صغيرة لنوع الظاهرات التي ترمز لها، إلا أن هذا النوع من الرموز مستخدم فقط في الخرائط السياحية والتعليمية.



**شكل (٦-٤) رموز تصويرية**

(ج) رموز الحروف الأبجدية:

عبارة عن حروف (عربية أو انجليزية) تمثل علي الخرائط لتبين مواضع و نوع الظاهرات التي تمثلها، مثل استخدام حرف H للدلالة علي موقع مستشفي. أيضا فأن هذا النوع من الرموز غير مستحب في الخرائط الجغرافية و الهندسية بصفة عامة.

(د) الرموز التعبيرية:

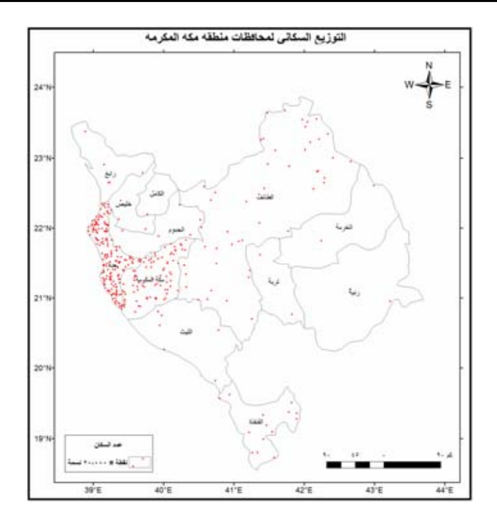
عبارة عن رسوم (صغيرة) تعبر عن التي ترمز لها بصورة فنية، مثل رسم صورة جمل للتعبير عن مناطق المراعي. أيضا من غير المستحب استخدام هذا النوع من الرموز في الخرائط الجغرافية و الهندسية.

**٦-٣-٢ الرموز النقطية الكمية:**

تتكون من نوعين رئيسين هما رموز النقطة و الرموز النسبية:

(أ) رموز النقطة:

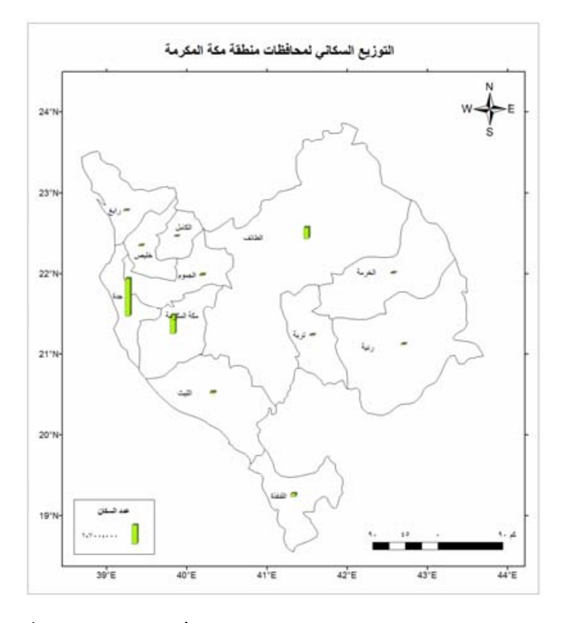
يتم استخدام رمز النقطة للتعبير عن قيمة محددة للظاهرة المطلوب تمثيلها علي الخريطة، وبناءا علي قيمة الظاهرة في منطقة معينة يتم حساب عدد النقاط التي ستوضع داخل هذه المساحة علي الخريطة. فمثلا عند استخدام رموز النقاط في تمثيل عدد السكان في أحياء مدينة مكة المكرمة فأننا نحدد القيمة التي ستعبر عنها النقطة الواحدة (وليكن مثلا ٢٠ ألف نسمة)، ثم نقسم عدد سكان كل حي من أحياء المدينة علي قيمة النقطة الواحدة فنحسب عدد النقاط التي تعبر عن سكان كل حي وهذا النوع من الخرائط يسمي خرائط النقاط أو خرائط الكثافة.



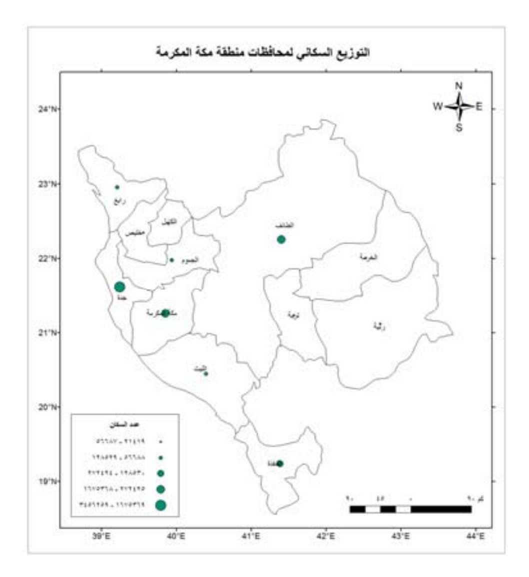
شكل (٦-٥) نموذج لخرائط النقاط أو خرائط الكثافة

(ب) الرموز النسبية:

في هذا النوع من الخرائط يتم التعبير عن قيمة الظاهرة باستخدام الرموز الموضعية الهندسية (الدائرة و المربع و المثلث و المستطيل ... الخ) بصورة نسبية للدلالة عن التغيرات الكمية بين مفردات الظاهرة. فمثلا يمكن التعبير عن عدد سكان محافظات منطقة مكة المكرمة الإدارية باستخدام الأعمدة بحيث يكون طول العمود معبرا عن القيمة النسبية لعدد السكان في كل محافظة. أيضا يمكن استخدام رمز الدائرة لتمثيل عدد السكان بحيث يكبر حجم الدائرة كلما كبر عدد السكان في كل محافظة. تعطي طريقة الرموز النسبية صورة سريعة للقارئ عن التغيرات النسبية لقيمة الظاهرة الممثلة علي الخريطة و التباين أو الاختلاف المكاني (الجغرافي) لتوزيع هذه الظاهرة.



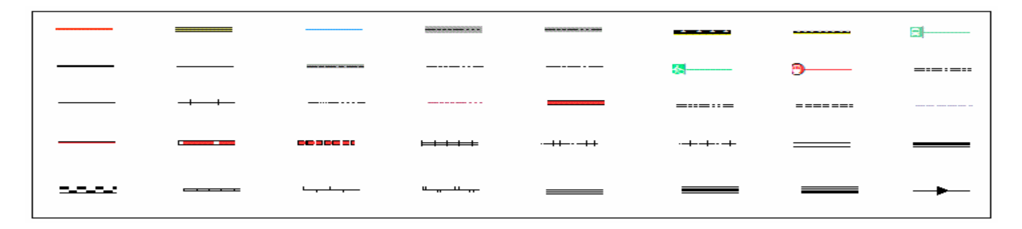
شكل (٦-٦) نموذج لخرائط الأعمدة النسبية



شكل (٦-٧) نموذج لخرائط الدوائر النسبية

## ٦-٤ الرموز الخطية:

تستخدم الرموز الخطية للتعبير عن الظاهرات التي لها امتداد طولي في الطبيعة مثل الأنهار و الطرق و الشوارع و شبكات المياه و الصرف الصحي وخطوط نقل البترول والأنفاق و الحدود السياسية والحدود الإدارية ...الخ. في حالة استخدام الرموز الخطية للتعبير عن الظاهرات الكمية فأن سمك (عرض) الخط يدل علي قيمة الظاهرة، فكمثال يمكن تغيير سمك الخطوط المعبرة عن الطرق بحيث يمثل سمك الخط عرض الطريق وبذلك يمكن التفرقة بين الطرق السريعة و الطرق العادية و الشوارع الداخلية. أيضا يمكن استخدام الألوان المتعددة للحصول علي رموز خطية جديدة لنفس الخط المرسوم علي الخريطة.



شكل (٦-٨) رموز خطية

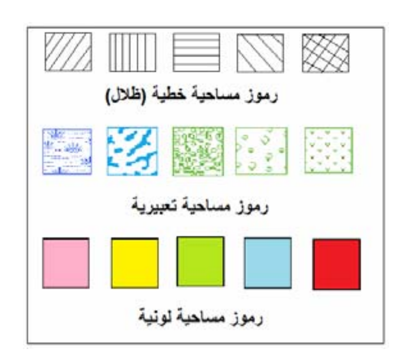
## ٦-٥ الرموز المساحية:

تستخدم الرموز المساحية للتعبير عن نوع وكمية الظاهرات التي لها مساحة علي الخريطة (وأيضا في الطبيعة) مثل الأحياء داخل المدينة و المزارع والسبخات ومناطق الرعي

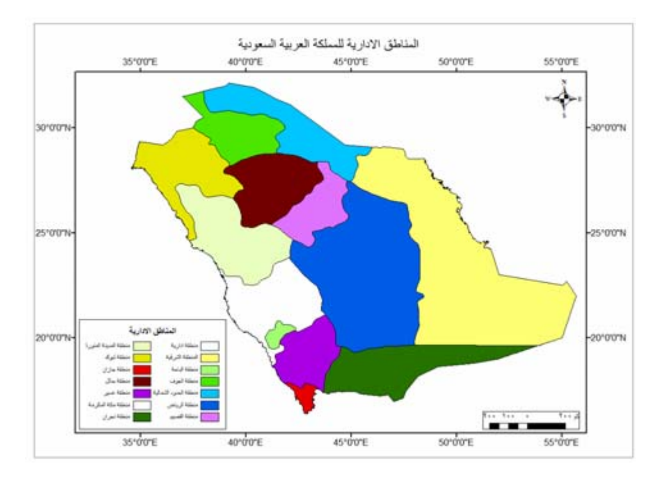
و المناطق الصناعية والسكنية... الخ. تعتمد الرموز المساحية علي ملئ المضلع المرسوم علي الخريطة برمز معين يعبر عن هذا النوع من الظاهرات.

عند تمثيل الظاهرات المكانية تمثيلا نوعيا علي الخرائط فهناك عدة طرق للرموز المساحية منها:

- رموز مساحية نوعية خطية (طريقة التظليل أو الظلال).
- رموز مساحية نوعية تعتمد علي الألوان.
- رموز مساحية نوعية نقطية.
- رموز مساحية نوعية تستخدم الأشكال الهندسية.
- رموز مساحية نوعية تعبيرية.




**شكل (٦-٩) رموز مساحية نوعية**

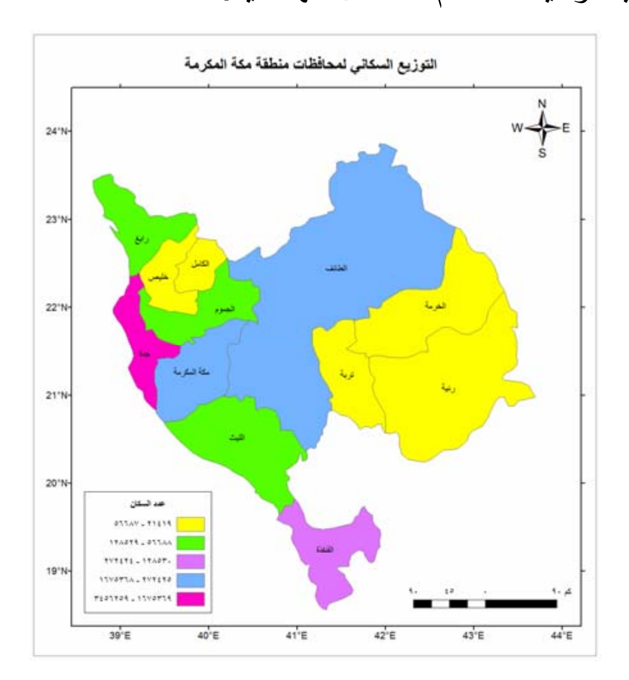



**شكل (٦-١٠) نموذج لطريقة التمثيل النوعي باستخدام الألوان**

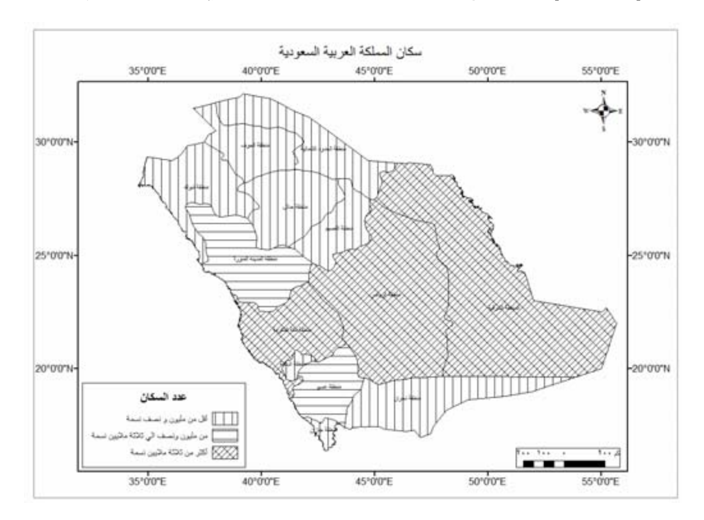
أيضا عند تمثيل الظاهرات المكانية تمثيلا كميا علي الخرائط فهناك عدة طرق للرموز المساحية منها:

- رموز مساحية نوعية خطية (طريقة التظليل أو الظلال).
- رموز مساحية نوعية تعتمد علي الألوان.

- رموز مساحية نوعية نقطية.
- رموز مساحية نوعية تستخدم الأشكال الهندسية.




**شكل (٦-١١) نموذج لطريقة التمثيل الكمي باستخدام الألوان**




**شكل (٦-١٢) نموذج لطريقة التمثيل الكمي باستخدام الظلال**

## ٦-٦ مفتاح الخريطة

تعرف الخريطة علي أنها تمثيل مصغر لسطح الأرض مرسوم باستخدام رموز خاصة، ولذلك فأن مفتاح الخريطة هو ترجمة لهذه الرموز الظاهرة علي الخريطة لكي يسهل فهم و تفسير الخريطة و ما تمثله من ظاهرات مكانية. يعتمد نجاح الخريطة علي نجاح مصممها في اختيار الرموز السهلة و المعبرة، فالرموز علي الخريطة تدل علي:

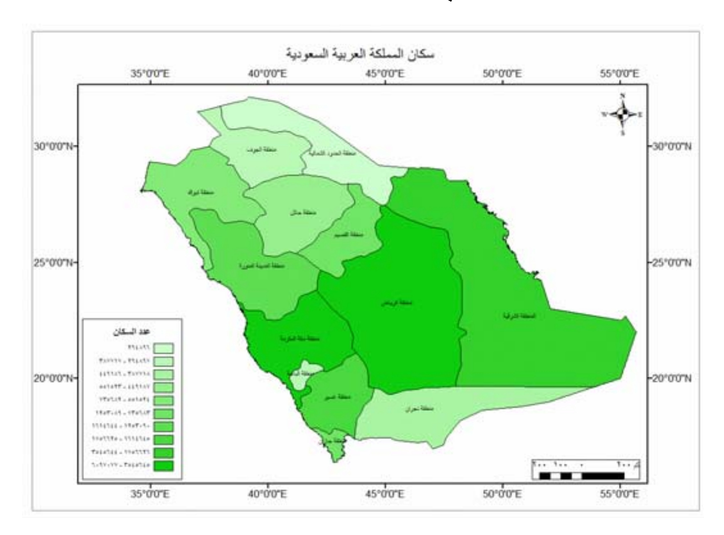
- مواقع الظاهرات الجغرافية

– أشكال الظاهرات الجغرافية

– نمط انتشار الظاهرات الجغرافية

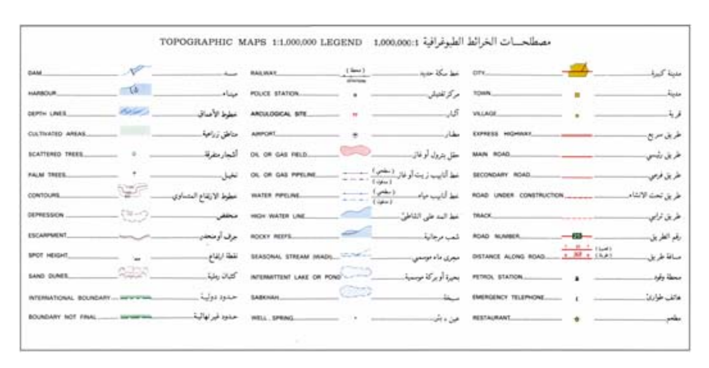
– ديناميكية الظاهرات الجغرافية

حديثا زاد اعتماد الخرائط علي استخدام الألوان بكثرة وخاصة مع رخص أسعار الطابعات الملونة، إلا أن استخدام الألوان في الخرائط يجب ألا يكون مجرد إضفاء الشكل الجمالى عليها إنما يتم استخدام الألوان بصورة تجعل تصميم الخريطة متوازنا بين موضوعها و كيفية تفسير الظاهرات الممثلة علي الخريطة. فعلي سبيل المثال فالخريطة التالية تمثل توزيع السكان في المناطق الإدارية للمملكة العربية السعودية، وقد تم استخدام درجات متعددة للون الأخضر فقط. إن العين البشرية لا تستطيع التمييز و التفرقة بين ٦-٨ درجات مختلفة من نفس اللون، مما يجعل عملية الإدراك البصري و تفسير هذه الخريطة عملية صعبة للغاية.

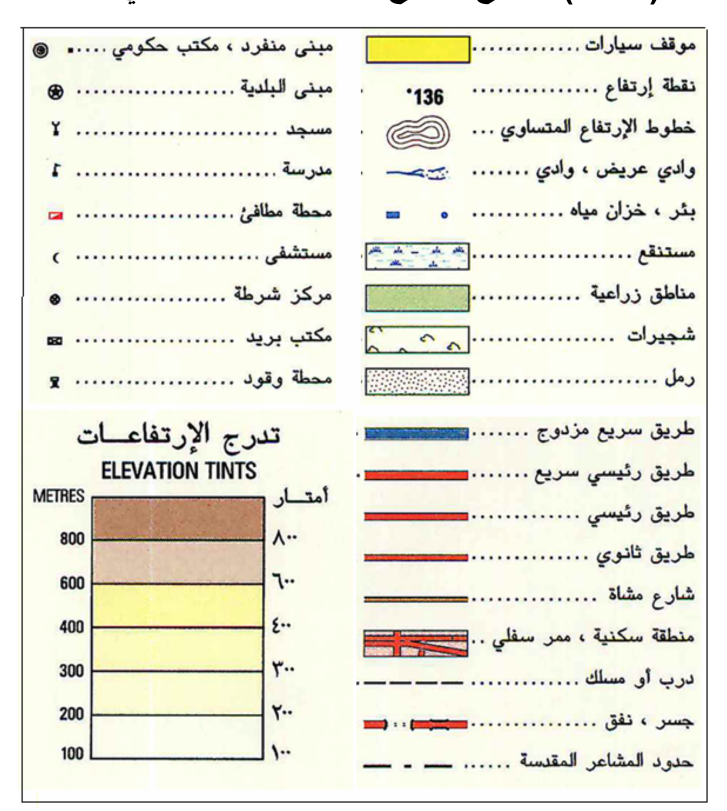



**شكل (٦-١٣) نموذج للاستخدام السيئ للألوان في الخرائط**

تقوم الجهات المسئولة عن إنتاج الخرائط في كل دولة بوضع و تصميم مفاتيح قياسية للخرائط طبقا لنوع الخريطة و مقياس رسمها. قد تختلف الرموز المستخدمة في مفتاح الخريطة من دولة لأخرى، إلا أن الاستفادة من هذه النماذج القياسية تزيد من خبرة مصمم الخريطة. الأشكال التالية تعطي نماذج لمفاتيح الخرائط في كلا من جمهورية مصر العربية و المملكة العربية السعودية والولايات المتحدة الأمريكية.



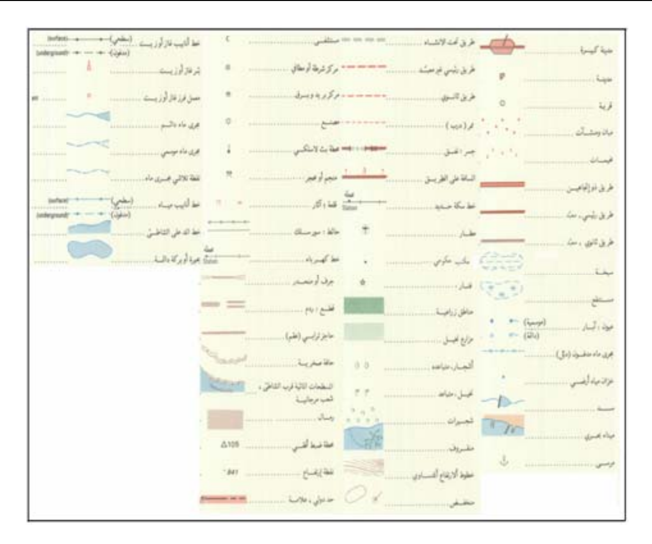

**شكل (٦-١٤) نموذج لمفتاح الخريطة المليونية في السعودية**



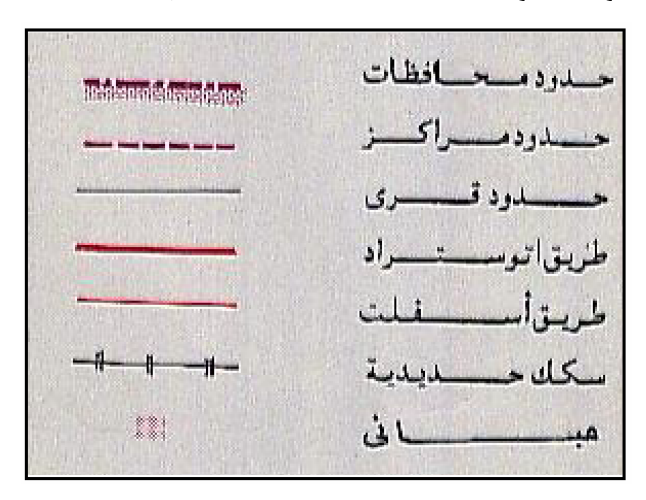

**شكل (٦-١٥) نموذج لمفتاح الخريطة الطبوغرافية مقياس رسم ١ : ٥٠،٠٠٠ في السعودية**



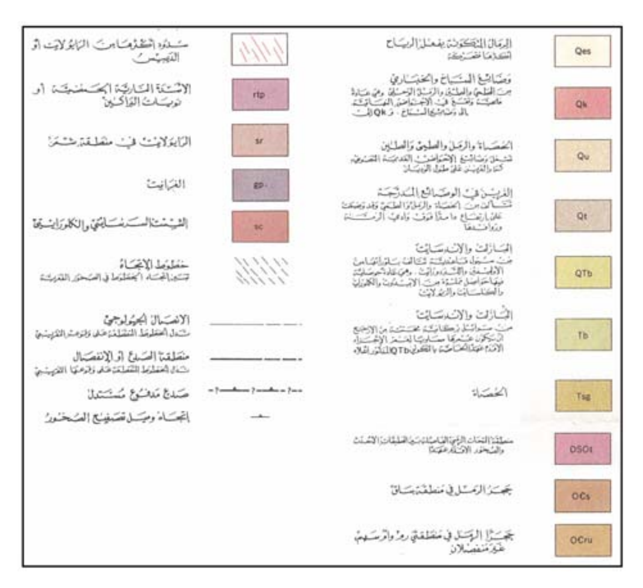

**شكل (٦-١٦) نموذج لمفتاح الخريطة العامة مقياس رسم ١ : ٤،٠٠٠،٠٠٠ في السعودية**



**شكل (٦-١٧) نموذج لمفتاح الخريطة العامة مقياس رسم ١ : ٢٥٠،٠٠٠ في السعودية**



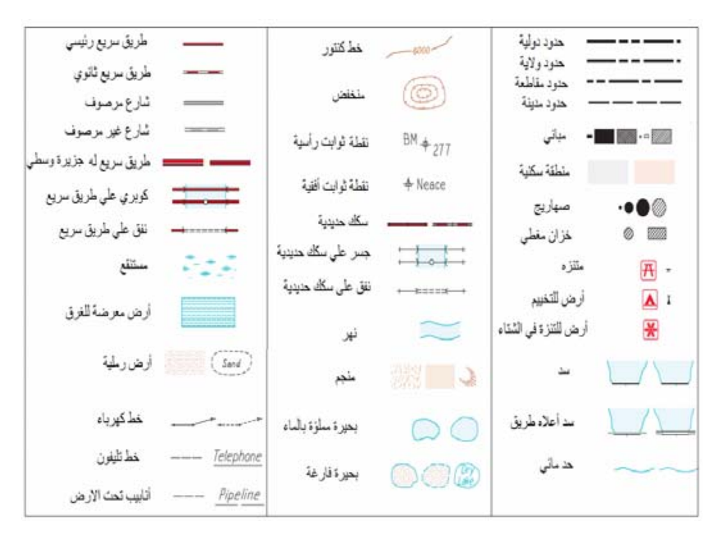

**شكل (٦-١٨) نموذج لمفتاح الخريطة العامة مقياس رسم ١ : ٢٠٠،٠٠٠ في مصر**



**شكل (٦-١٩) نموذج لمفتاح الخريطة الجيولوجية مقياس رسم ١ : ٥٠٠،٠٠٠ في السعودية**



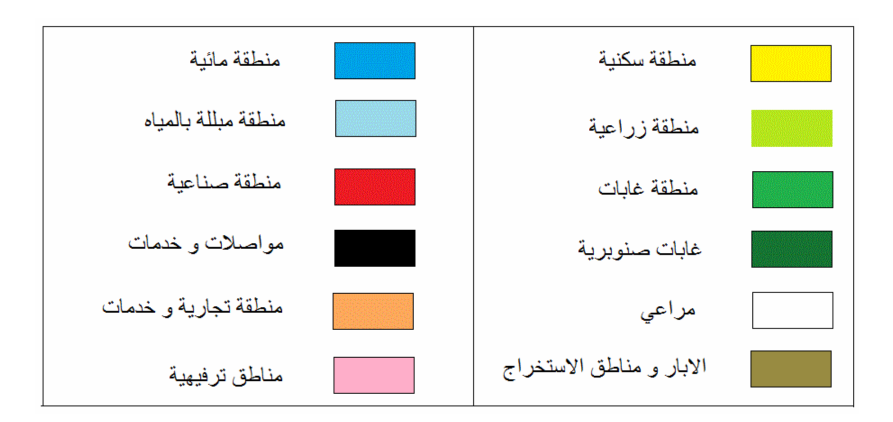

**شكل (٦-٢٠) نموذج لمفتاح الخريطة التفصيلية مقياس رسم ١ : ٥٠٠٠ في مصر**




**شكل (٦-٢١) نموذج لمفتاح الخريطة الطبوغرافية مقياس رسم ١ : ٢٥،٠٠٠ في أمريكا**

تقدم جامعة ميتشجان الأمريكية مقترحا لاستخدام الألوان في خرائط استعمالات الأراضي كما في الجدول و الشكل التاليين:

| استخدام الأراضي | اللون |
| --- | --- |
| الاستخدامات السكنية | الأصفر |
| الاستخدامات التجارية و الخدمات (التجارية و الحكومية) | البرتقالى |
| الاستخدامات الصناعية | الأحمر |
| خدمات المواصلات و النقل | الأسود |
| الآبار ومناطق الاستخراج | البني |
| المناطق المفتوحة و الترفيهية | الأرجواني |
| المناطق الزراعية | الأخضر الفاتح |
| المراعي | الأبيض |
| الغابات | الأخضر |
| الصنوبريات | الأخضر الداكن |
| المناطق المائية (بحيرات و خزانات و سدود) | الأزرق |
| المناطق المبللة بالمياه | الأزرق الفاتح |
| الأراضي القاحلة و الكثبان الرملية | البيج |




**شكل (٦-٢٢) نموذج لمفتاح خريطة استعمالات الأراضي في أمريكا**

**(نموذج جامعة ميتشجان)**

# الفصل السابع
# ترتيب الخرائط

## ٧-١ مقدمة

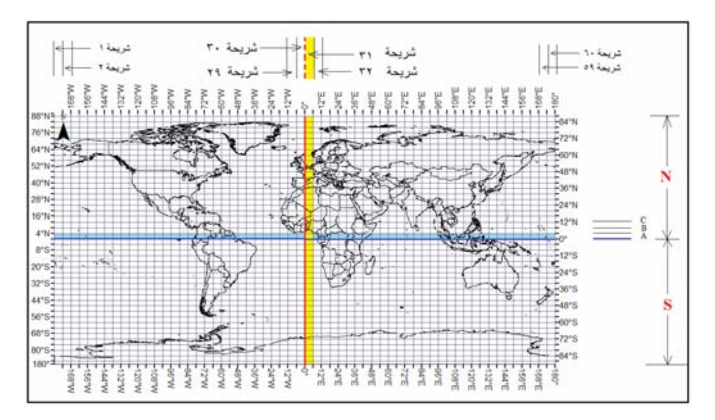
توجد عدة نظم لترتيب أو ترقيم الخرائط مع اختلاف مقاييس رسمها سواء علي المستوي العالمي أو المستوي المحلي. فهناك نظام ترتيب عالمي للخرائط المليونية (ذات مقياس الرسم ١ : ١،٠٠٠،٠٠٠) كما توجد نظم محلية لترتيب و ترقيم الخرائط في كل دولة. ويستعرض هذا الفصل النظام العالمي لترقيم الخرائط المليونية بالإضافة الي نظامين محليين لترتيب الخرائط في كلا من المملكة العربية السعودية و جمهورية مصر العربية.

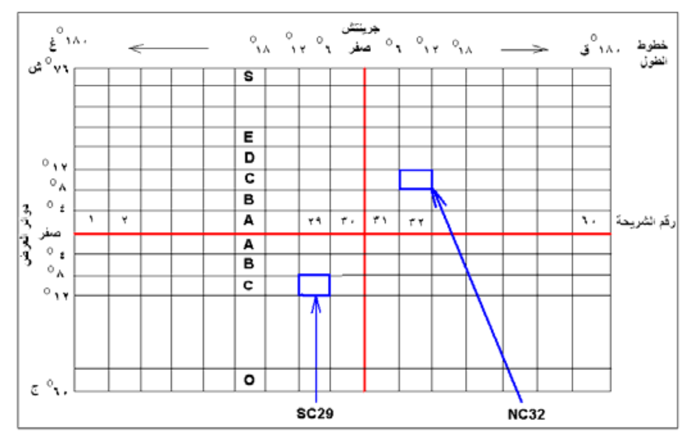
## ٧-٢ النظام العالمى لترقيم الخرائط المليونية

تعد الخرائط المليونية من أهم أنواع الخرائط التي تم الاتفاق علي مواصفاتها علي المستوي العالمي. و يعتمد نظام ترقيم هذه الخرائط علي نظام الإحداثيات الجغرافية (خطوط الطول و دوائر العرض) لإعداد نظام ترقيم خرائطي يغطي الأرض كلها:

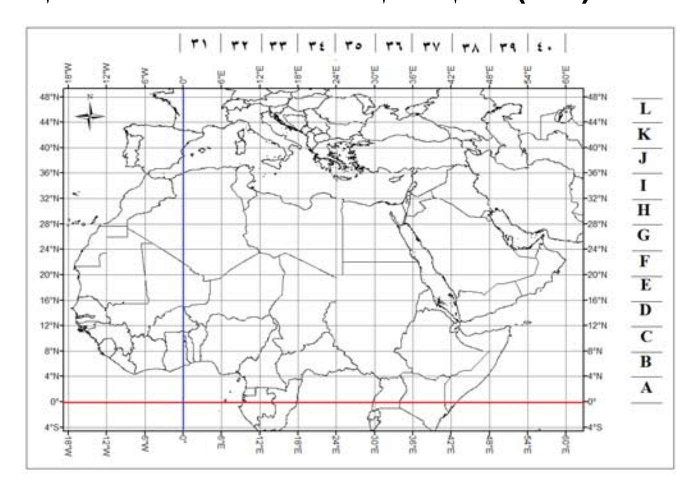
- يتم تقسيم الأرض بدءا من خط طول ١٨٠ غربا إلي ٦٠ شريحة طولية يبلغ عرض كل شريحة ٦ درجات من خطوط الطول.
- يبدأ ترقيم الشرائح من رقم ١ ويزداد الرقم كلما اتجهنا ناحية الشرق.
- بذلك فأن الشريحة التي تنتهي عند خط طول جرينتش (خط طول صفر) يكون رقمها هو ٣٠ بينما أول شريحة شرق خط جرينتش يكون رقمها هو ٣١.
- أما في اتجاه القطبين فأن الشرائح العرضية يبلغ طول الشريحة الواحدة ٤ درجات من دوائر العرض.
- ترقم الشرائح العرضية بالحروف الانجليزية بدءا من الحرف A عند دائرة الاستواء ثم B ثم C وهكذا كلما اتجهنا ناحية القطب الشمالي.
- تأخذ الشرائح العرضية جنوب دائرة الاستواء نفس الحروف و بنفس الترتيب.
- تأخذ الشرائح شمال دائرة الاستواء الرمز N بينما تأخذ الشرائح الواقعة جنوب خط الاستواء الحرف S.

- كل مستطيل يحمل أسما محددا مكون من حرفين و رقم. مثلا: المستطيل (أو الشريحة) NH36 يقع شمال دائرة الاستواء (لأن أسمه يبدأ بالرمز N) في الشريحة الطولية رقم ٣٦ (أي شرق خط جرينتش) والشريحة العرضية H.
- كل شريحة (طولها ٦ درجات طول و عرضها ٤ درجات عرض) يتم رسمها في خريطة مليونية (بمقياس رسم ١ : ١،٠٠٠،٠٠٠ ).






شكل (٧-١) نظام ترقيم الخرائط المليونية لكل العالم




شكل (٧-٢) ترقيم الخرائط المليونية في المنطقة العربية

مثال ١:

حدد رقم الشريحة العالمية التي تقع بها مدينة القاهرة: خط الطول ١٥' ٣١° شرقا و دائرة العرض ٣' ٣٠° شمالا؟

أولا: نحول خط الطول و دائرة العرض إلي وحدات الدرجات ليسهل التعامل معها:

خط الطول = (١٥/٦٠) + ٣١ = ٣١.٢٥ درجة

دائرة العرض = (٣/٦٠) + ٣٠ = ٣٠.٠٥ درجة

لتحديد الشريحة العرضية (الحرف):

ترتيب الحرف = دائرة العرض ÷ ٤

= ٣٠.٠٥ ÷ ٤ = ٧.٥٢

| A | B | C | D | E | F | G | H | I | J | K | L | M |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ١ | ٢ | ٣ | ٤ | ٥ | ٦ | ٧ | ٨ | ٩ | ١٠ | ١١ | ١٢ | ١٣ |

أي أنه الحرف رقم ٨ (لأنه تجاوز الرقم ٧) وبالتالي فهو الحرف **H** .

لتحديد رقم الشريحة:

رقم الشريحة = خط الطول ÷ ٦

= ٣١.٢٥ ÷ ٦ = ٥.٢

أي أنها الشريحة رقم ٦ (لأنها تجاوزت الرقم ٥).

بما أن خط طول مدينة القاهرة يقع شرق خط جرينتش، فأنها ستكون شرق الشريحة رقم ٣٠:

رقم الشريحة = ٦ + ٣٠ = **٣٦**

بما أن دائرة عرض مدينة القاهرة تقع شمال دائرة الاستواء، فأن الشريحة ستبدأ بالرمز **N**

أي أن رقم الشريحة المليونية لمدينة القاهرة هو : **NH36**

مثال ٢:

حدد رقم الشريحة العالمية التي تقع بها مدينة جدة: خط الطول ١٧" ١٠' ٣٩° شرقا و دائرة العرض ٥٥" ٢٩' ٢١° شمالا؟

أولا: نحول خط الطول و دائرة العرض الي وحدات الدرجات ليسهل التعامل معها:

خط الطول = (١٧/٣٦٠٠) + (١٠/٦٠) + ٣٩ = ٣٩.١٧١ درجة

دائرة العرض = (٥٥/٣٦٠٠) + (٢٩/٦٠) + ٢١ = ٢١.٤٩٩ درجة

لتحديد الشريحة العرضية (الحرف):

ترتيب الحرف = دائرة العرض ÷ ٤

= ٢١.٤٩٩ ÷ ٤ = ٥.٤

| A | B | C | D | E | F | G | H | I | J | K | L | M |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ١ | ٢ | ٣ | ٤ | ٥ | ٦ | ٧ | ٨ | ٩ | ١٠ | ١١ | ١٢ | ١٣ |

أي أنه الحرف رقم ٦ (لأنه تجاوز الرقم ٥) وبالتالي فهو الحرف **F** .

لتحديد رقم الشريحة:

رقم الشريحة = خط الطول ÷ ٦

= ٣٩.١٧١ ÷ ٦ = ٦.٥

أي أنها الشريحة رقم ٧ (لأنها تجاوزت الرقم ٦).

بما أن خط طول مدينة جدة يقع شرق خط جرينتش، فأنها ستكون شرق الشريحة رقم ٣٠:

رقيم الشريحة = ٧ + ٣٠ = **٣٧**

بما أن دائرة عرض مدينة القاهرة تقع شمال دائرة الاستواء، فأن الشريحة ستبدأ بالرمز **N**

أي أن رقم الشريحة المليونية لمدينة القاهرة هو : **NF37**

مثال ٣:

حدد خطوط الطول و دوائر العرض للمنطقة الجغرافية التي تغطيها الخريطة المليونية **NH36**؟

١- الرمز **N** يدل علي أن هذه الشريحة تقع **شمال** دائرة الاستواء.

٢- الحرف **H** هو الحرف رقم **٨** في ترتيب الحروف الانجليزية:

| A | B | C | D | E | F | G | H | I | J | K | L | M |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ١ | ٢ | ٣ | ٤ | ٥ | ٦ | ٧ | ٨ | ٩ | ١٠ | ١١ | ١٢ | ١٣ |

وحيث أن طول الشريحة الواحدة = ٤ درجات عرض، فأن:

أقصي دائرة عرض للشريحة = **٨** × ٤° = ٣٢° شمالا

٣- بما أن طول الشريحة = ٤ درجات طول، فأن:

أقل دائرة عرض للشريحة = ٣٢° – ٤" = ٢٨" شمالا

٤- رقم الشريحة = **٣٦** أي أنها الشريحة رقم **٦** شرق خط جرينتش

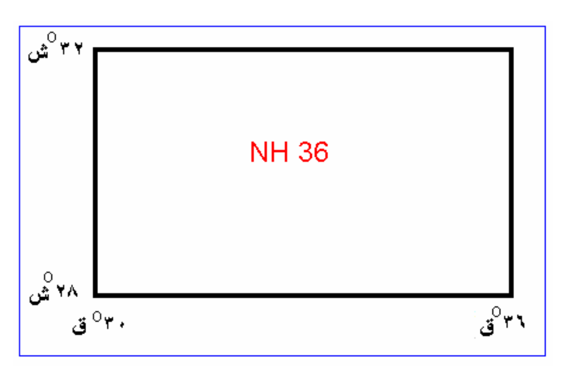
وحيث أن عرض الشريحة الواحدة = ٦ درجات طول، فأن:

أقصي خط طول للشريحة = **٦** × ٦° = ٣٦° شرقا

٥- بما أن طول الشريحة = ٦ درجات طول، فأن:

أقل خط طول للشريحة = ٣٦° - ٦° = ٣٠° شرقا

بذلك فأن الشريحة NH36 ستغطي المنطقة من خط طول ٣٠° شرقا إلي خط طول ٣٦° شرقا ومن دائرة عرض ٢٨° شمالا إلي دائرة عرض ٣٢° شمالا.




مثال ٤:

حدد أرقام الخرائط المليونية التي تغطي جمهورية مصر العربية؟

تمتد مصر تقريبا بين خطي طول ٢٥ و ٣٦ شرقا وبين دائرتي عرض ٢٢ و ٣١.٨ شمالا.

الشريحة الطولية للحدود الغربية لمصر = ٢٥ ÷ ٦ = ٤.٢ أي الشريحة ٥ شرق جرينتش

الشريحة الطولية للحدود الشرقية لمصر = ٣٦ ÷ ٦ = ٦

بما أن مصر تقع شرق جرينتش، فأن:

الشريحة الطولية للحدود الغربية لمصر = ٥ + ٣٠ = ٣٥

الشريحة الطولية للحدود الشرقية لمصر = ٦ + ٣٠ = ٣٦

الشريحة العرضية للحدود الجنوبية لمصر = ٢٢ ÷ ٤ = ٥.٥ ، أي الشريحة ٦ وهي التي تقابل الحرف F (الحرف السادس من الحروف الانجليزية).

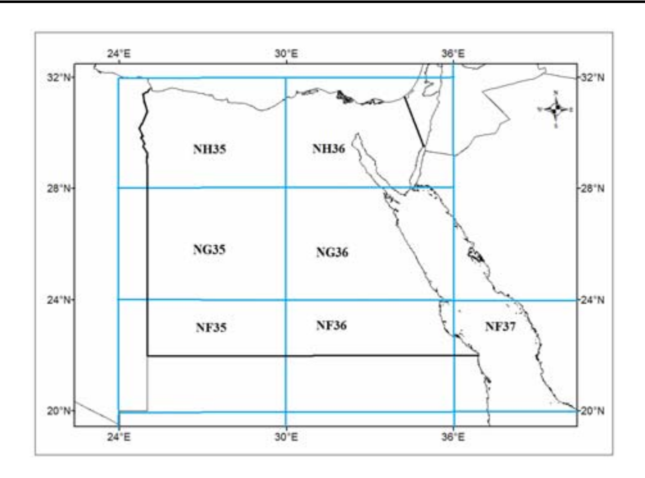
الشريحة العرضية للحدود الشمالية لمصر = ٣١.٨ ÷ ٤ = ٧.٩ ، أي الشريحة ٨ وهي التي تقابل الحرف H (الحرف الثامن من الحروف الانجليزية).

أي أن مصر ستقع في ثلاثة شرائح عرضية هي الشرائح السادسة و السابعة و الثامنة وهي ذات الحروف F و G و H.

إذن الخرائط المليونية التي تغطي مصر هي:

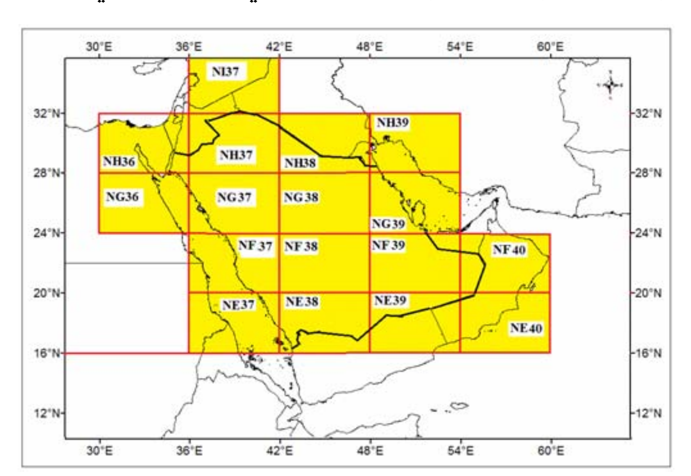
NF35, NG35, NH35, NF36, NG36, NH36

بينما يوجد جزء صغير جدا من الحدود المصرية الجنوبية الشرقية واقعا في الشريحة NF37 وهو الجزء الواقع شرق خط الطول ٣٦.




**شكل (٧-٣) ترقيم الخرائط المليونية في مصر**

وبنفس الطريقة يمكن استنتاج شرائح الخرائط المليونية التي تغطي المملكة العربية السعودية. حيث تغطي المملكة ٧ لوحات كاملة وهي: NE38, NF37, NF38, NF39, NG37, NG38, NH37 بالإضافة الي أجزاء من اللوحات المجاورة: NE37, NE39, NE40, NF40, NG39, NH36, NH38 كما في الشكل التالي.




**شكل (٧-٤) ترقيم الخرائط المليونية في المملكة العربية السعودية**

## ٧-٣ نظم ترتيب الخرائط فى المملكة العربية السعودية

تعد الإدارة العامة للمساحة العسكرية بوزارة الدفاع الطيران أكبر الجهات المنتجة للخرائط الجغرافية في المملكة العربية السعودية. كما قامت بعض الجهات الحكومية الأخرى بإنتاج بعض الخرائط الطبوغرافية لبعض مناطق المملكة مثل وكالة الوزارة لتخطيط المدن بوزارة الشئون البلدية و القروية و إدارة المساحة الجوية بوزارة البترول و الثروة المعدنية. كما تقوم هيئة المساحة الجيولوجية السعودية بإنتاج الخرائط الجيولوجية في المملكة. أيضا يقوم معهد خادم الحرمين الشريفين لأبحاث الحج و العمرة بجامعة أم القرى سنويا بإنتاج خرائط للمشاعر المقدسة (مني و مزدلفة و عرفات) بمدينة مكة المكرمة. كذلك توجد بعض الشركات الأهلية (مثل شركة الفارسي) التي تنتج بعض خرائط المدن الكبرى في المملكة سواء خرائط مطبوعة أو خرائط رقمية علي CD.

١. تعد أحدث الخرائط الجغرافية للمملكة العربية السعودية هي تلك الخريطة التي أنتجتها الإدارة العامة للمساحة العسكرية بوزارة الدفاع و الطيران بمقياس رسم ١ : ٤،٠٠٠،٠٠٠ في عام ١٤٣٣ هـ / ٢٠١٢ م. تغطي الخريطة كامل حدود المملكة مع الدول المجاورة وتظهر بها أهم المعالم الطبوغرافية للمملكة من مدن و طرق رئيسية والمطارات والمناطق الزراعية و الحدود الدولية والأودية الرئيسية بالإضافة إلي تضاريس الأرض.

٢. يبلغ عدد الخرائط الطبوغرافية المليونية التي تغطي المملكة العربية السعودية ٢٣ خريطة تغطي المنطقة بين خطي طول ٣٤ و ٥٨ درجة شرقا وبين دائرتي عرض ١٦ و ٣٢ درجة شمالا. تغطي الخريطة الواحدة عدد ٣ درجات من خطوط الطول و ٤ درجات من دوائر العرض. ويتم ترقيم الخرائط بأرقام تبدأ من ١ إلي ٢٣ كما هو موضح بالشكل التالي.




**شكل (٧-٥) دليل الخرائط المليونية في المملكة**

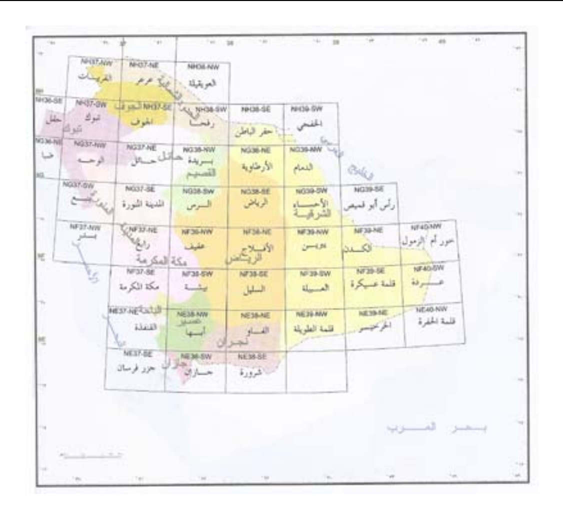
وتجدر الإشارة الي أن المملكة لم تتبع مواصفات الخرائط المليونية العالمية (كما يظهر بالشكل ٧-٤) حيث أن كل لوحة من لوحات الخرائط المليونية المنتجة بالمملكة تمتد بعدد ٣ درجات من خطوط الطول فقط وليس بعدد ٦ درجات من خطوط الطول مثل مواصفات الخرائط المليونية العالمية.



**شكل (٧-٦) مثال لأحدي الخرائط المليونية (خريطة رقم ١٢) في المملكة**

٣. يبلغ عدد الخرائط الطبوغرافية التي تغطي المملكة العربية السعودية بمقياس رسم ١ : ٥٠٠،٠٠٠ عدد ٤٦ خريطة. والتي تغطي الخريطة الواحدة ٣ درجات من خطوط الطول و ٢ درجة من دوائر العرض.

- تقسم الخريطة المليونية إلي ٤ أركان، ويكتب رقم الخريطة المليونية ويتبعه من جهة اليمين أسم الربع الواقع به الخريطة. فمثلا الخريطة المليونية المسماة NH37 فيتم تقسيمها إلي ٤ أركان: الشمال الشرقي NH و الشمال الغربي NW و الجنوب الشرقي SE والجنوب الغربي SW، وتأخذ خرائط ١ : ٥٠٠،٠٠٠ في هذه المنطقة أرقام NH37-NE (عرعر) و NH37-NW (القريات) و NH37-SE (الجوف) و NH37-SW (تبوك).
- سميت هذه الخرائط بأسماء أهم المعالم الجغرافية بها فجاءت أسماء الخرائط علي سبيل المثال: المدينة المنورة، مكة المكرمة، تبوك، الجوف، حائل، أبها، الرياض.



**شكل (٧-٧) دليل الخرائط ذات مقياس الرسم ١ : ٥٠٠،٠٠٠ في المملكة**

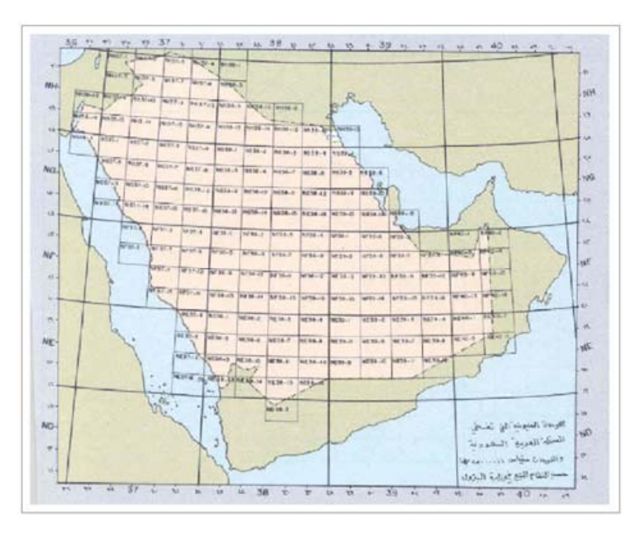
٤. يبلغ عدد الخرائط الطبوغرافية التي تغطي المملكة العربية السعودية بمقياس رسم ١ : ٢٥٠،٠٠٠ عدد ١٥٥ خريطة. والتي تغطي الخريطة الواحدة ١.٥ درجات من خطوط الطول و ١ درجة من دوائر العرض.

– تقسم الخريطة المليونية إلي ١٦ خريطة بمقياس ١: ٢٥٠،٠٠٠ وترقم الخرائط من ١ إلي ١٦ بدءا من الركن الشمالي الغربي من الخريطة المليونية ومن الغرب إلي الشرق. ويكتب رقم الخريطة المليونية ويتبعه من جهة اليمين رقم الخريطة. مثلا الخريطة ١ : ٢٥٠،٠٠٠ التي بها مدينة الرياض هي رقم NG38-16.

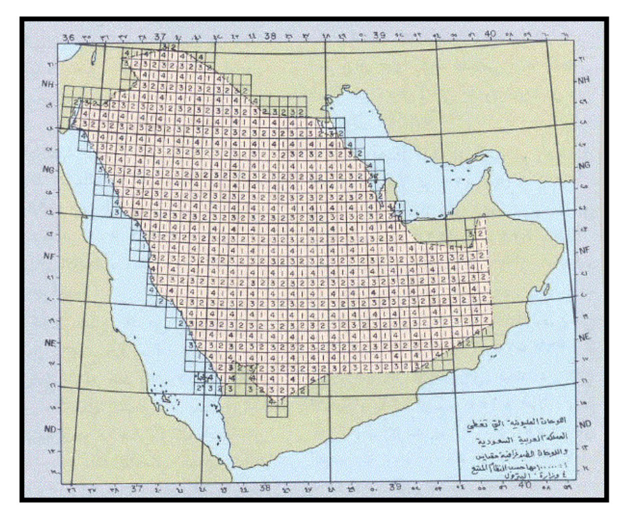
٥. لم تنتج خرائط طبوغرافية ذات مقياس رسم ١ : ١٠٠،٠٠٠ (تغطي الواحدة ٠.٥ درجة من خطوط الطول و ٠.٥ درجة من دوائر العرض)، إلا أنه تم اعتماد أسلوب لترقيمها (تعتمد عليه أرقام خرائط ١ : ٥٠،٠٠٠). تسمي كل خريطة بإحداثيات الركن الجنوبي الغربي للمربع الممتد ١ × ١ درجة وتقع به الخريطة، ثم يقسم كل مربع إلي ٤ أقسام تسمي بالأرقام من ١ إلي ٤ بدءا من الربع الشمالي الشرقي وفي اتجاه حركة عقرب الساعة، ثم يضاف هذا الرقم إلي الإحداثي الجنوبي الغربي للمربع. فمثلا تقع مدينة الرياض في المربع الذي إحداثياته عند دائرة عرض ٢٤ درجة شمالا و خط طول ٤٦ درجة شرقا، ويكتب هذا المربع: 4624 أي درجة الطول علي اليسار ودائرة العرض علي اليمين. وعند تقسيم هذا المربع إلي ٤ أقسام فأن مدينة الرياض ستقع في المربع الجنوبي الشرقي (أي المربع رقم ٢) وبالتالي فأن خريطة الرياض من مقياس الرسم ١ : ١٠٠،٠٠٠ يكون أسمها 2-4624.

٦. الخرائط الطبوغرافية ذات مقياس الرسم ١ : ٥٠،٠٠٠ ، والتي تغطي الخريطة الواحدة ١٥ دقيقة من خطوط الطول و ١٥ دقيقة من دوائر العرض.

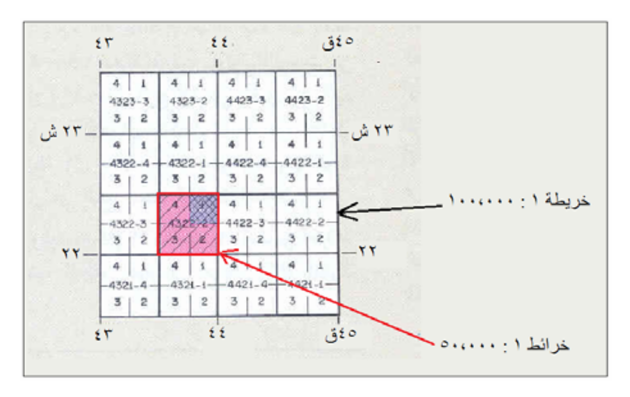
- تقسم الخريطة ١ : ١٠٠،٠٠٠ إلي ٤ خرائط بمقياس ١: ٥٠،٠٠٠ وترقم الخرائط من ١ إلي ٤ بدءا من الركن الشمالي الشرقي وفي اتجاه حركة عقارب الساعة. ويضاف هذا الرقم إلي أسم الخريطة ١ : ١٠٠،٠٠٠. مثلا تقع مدينة الرياض في المربع **الثالث** (الجنوبي الغربي) من أقسام الخريطة ١ : ١٠٠،٠٠٠ وبالتالي فيكون أسم خريطة الرياض من مقياس رسم ١ : ٥٠،٠٠٠ هو 4624-2**3**.



**شكل (٧-٨) دليل الخرائط ذات مقياس الرسم ١ : ٢٥٠،٠٠٠ في المملكة**



**شكل (٧-٩) دليل الخرائط ذات مقياس الرسم ١ : ٥٠،٠٠٠ في المملكة**

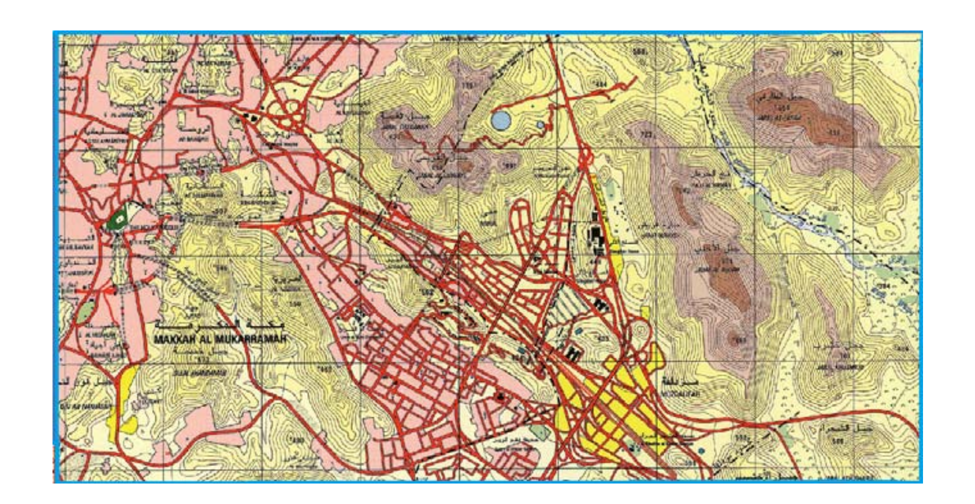



**شكل (٧-١٠) مثال لترقيم الخرائط ذات مقياس الرسم ١ : ٥٠،٠٠٠ في المملكة**

أهم ما يميز الخريطة الطبوغرافية ١ : ٥٠،٠٠٠ في المملكة الآتي:

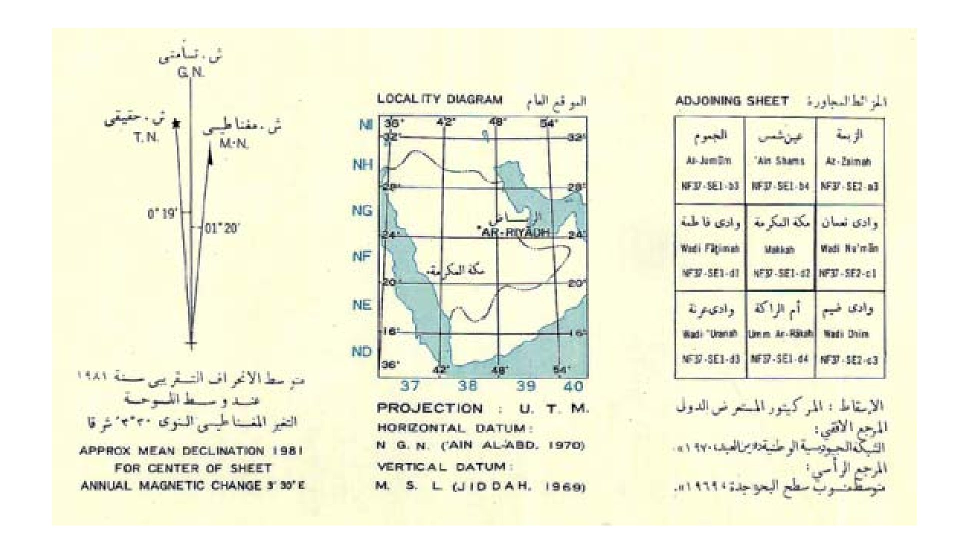
- أبعاد الخريطة ٥٠ سنتيمتر في اتجاه الشرق و ٥٥ سنتيمتر في اتجاه الشمال.
- تغطي الخريطة تقريبا ٦٩٣ كيلومتر مربع من الأرض.
- يوجد إطاران علي الخريطة:
  - o الإطار الداخلي به تدريج كل ٥ دقائق من خطوط الطول و دوائر العرض، أي أن الخريطة تحتوي علي ٩ مربعات فلكية طول ضلع المربع الواحد ٥ دقائق.
  - o الإطار الخارجي وتظهر عليه الإحداثيات الكيلومترية، وتكتب الكيلومترات الكاملة كل ١٠ كيلومتر بينما تكتب آحاد و عشرات الكيلومترات فقط كل ٢ كيلومتر.
- يكتب عنوان الخريطة في وسط الجزء العلوي منها، وعلي يمينه المسمي الإحداثي باللغة العربية وعلي يساره المسمي الإحداثي باللغة الانجليزية.
- في وسط الجزء السفلي من الخريطة يوجد مقياس الرسم الخطي الدقيق ويقيس إلي كيلومترات صحيحة و دقته ١٠٠ متر. كما يوجد أيضا مقياس رسم آخر بقيس إلي أميال صحيحة و دقته ٥٠٠ ياردة.
- علي يمين مقياس الرسم بيانات عن الاتجاهات (الانحرافات) الجغرافية والمغناطيسية والعلاقة بينهما (زاوية الاختلاف) وتاريخ رصدها وقيمة التغير السنوي لها واتجاهه. كما توجد معلومات عن المسقط المستخدم (UTM علي اليبسويد هايفورد) وأيضا مرجع الشبكة الجيوديسية (عين العبد ١٩٧٠) ومرجع الأبعاد الرأسية (وهو متوسط سطح البحر عند مدينة جدة).

- علي يسار مقياس الرسم يوجد رسم تخطيطي لنظام ترقيم اللوحات و دليل اللوحات المجاورة.
- علي يمين الخريطة يوجد مفتاح الخريطة والذي يتضمن قائمة بمصطلحات و رموز الظواهر الجغرافية الطبيعية والبشرية الظاهرة في الخريطة.
- الفاصل (أو الفترة) الكنتورية تبلغ ٢٠ متر، ويرسم خط كنتور المئات الصحيحة من الأمتار بخط أكثر سمكا.
- تتكون ألوان الظاهرات الجغرافية علي الخريطة من:
  - الكثبان الرملية: اللون البني
  - الظواهر المائية (مجاري الأودية و البرك و السبخات): اللون الأزرق
  - المناطق الزراعية: اللون الأخضر
  - المناطق السكنية و الطرق: اللون الأحمر.
- تظهر تصنيفات الطرق علي الخريطة كالتالي:
  - الطرق الرئيسية: خط سميك متصل أحمر
  - الطرق الثانوية: خط مقطع رفيع أحمر
  - المدقات والدروب الصحراوية: خط مقطع رفيع أسود










**شكل (٧-١١) مثال لأجزاء من خريطة ١ : ٥٠،٠٠٠ في المملكة**

**(جزء من مدينة مكة المكرمة)**

## ٧-٤ نظم ترتيب الخرائط فى جمهورية مصر العربية

في جمهورية مصر العربية تعد الهيئة المصرية العامة للمساحة هي الجهة الحكومية الأساسية لإنتاج الخرائط الجغرافية و الطبوغرافية و التفصيلية بكافة مقاييس الرسم ولكافة أنحاء الجمهورية. كما توجد بعض الجهات الأخرى (حكومية و خاصة) تنتج بعض أنواع الخرائط لمناطق محددة في الجمهورية، منها علي سبيل المثال الهيئة العامة للمساحة الجيولوجية و المشروعات التعدينية التي تنتج الخرائط الجيولوجية لمصر.

(أ) الخرائط ذات مقاييس الرسم الصغيرة والمتوسطة:

١. رسمت الخريطة الأساسية لمصر بمقياس رسم ١ : ٢،٠٠٠،٠٠٠ وطبعت علي لوحة واحدة تمثل مصر و الدول المجاورة لها وتظهر بها المعالم الجغرافية الرئيسية من أنهار و جبال وأيضا التقسيم الإداري لمصر.

٢. تغطي مصر ستة خرائط من الخرائط المليونية (مقياس رسم ١ : ١،٠٠٠،٠٠٠) والتي تغطي الخريطة الواحدة ٦ درجات من خطوط الطول و ٤ درجات من دوائر العرض. سميت هذه الخرائط بأسماء أهم المعالم الجغرافية بها فجاءت أسماء الخرائط:

أ- الإسكندرية NH35
ب- الداخلة NG35
ت- العوينات NF35
ث- القاهرة NH36
ج- أسوان NG36
ح- وادي حلفا NF36

أما الجزء الجنوبي الشرقي من مصر فيظهر في الخريطة المليونية المعروفة باسم مكة المكرمة.

تطبع كل خريطة مليونية علي ورقة تبلغ أبعادها ٥٩ سنتيمتر شرقا و ٤٥ سنتيمتر شمالا.

طبقا للمواصفات العالمية فأن الألوان المستخدمة في هذه الخرائط تتكون من:

- اللون الأسود: المدن و السكك الحديدية
- اللون الأحمر: الطرق
- اللون الأزرق: الترع و الوديان وحدود البحار وتدرج الأعماق.
- اللون البني: تضاريس الأرض ذات الارتفاعات من ٥٠٠ إلي ١٠٠٠ متر.

– اللون الأخضر: تضاريس الأرض ذات الارتفاعات من صفر إلي ٢٠٠ متر.

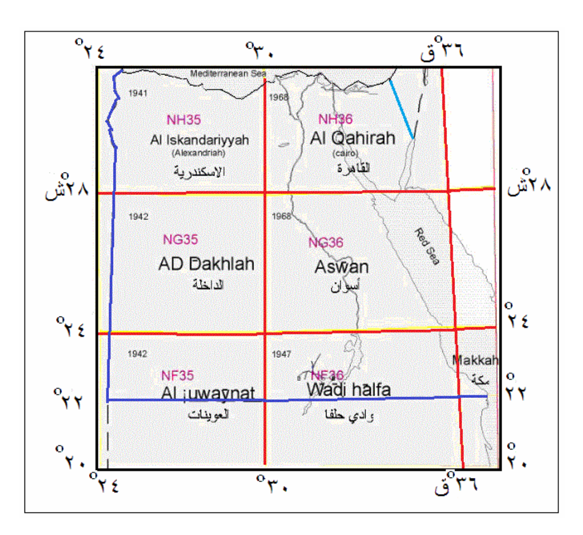
– اللون الأصفر: تضاريس الأرض ذات الارتفاعات من ٢٠٠ إلي ٥٠٠ متر.

٣. تغطي مصر ٢١ خريطة من الخرائط ذات مقياس رسم ١ : ٥٠٠،٠٠٠ والتي تغطي الخريطة الواحدة ٣ درجات من خطوط الطول و ٢ درجة من دوائر العرض.

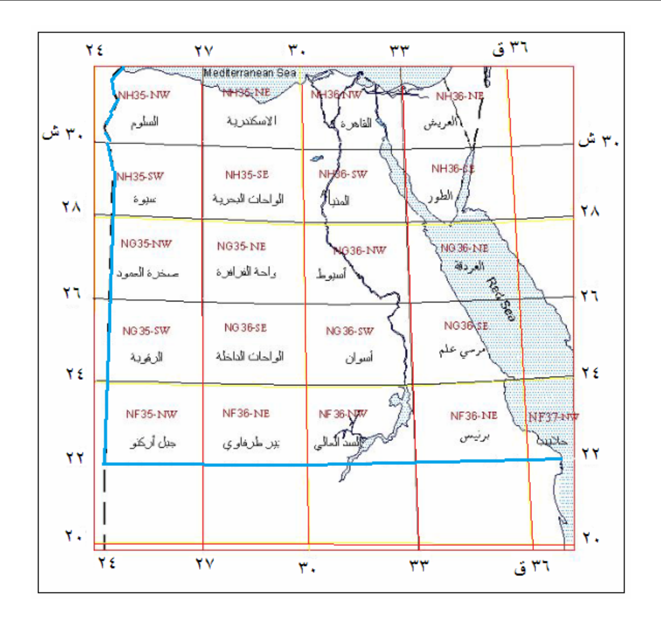
– تقسم الخريطة المليونية إلي ٤ أركان، ويكتب رقم الخريطة المليونية ويتبعه من جهة اليمين أسم الربع الواقع به الخريطة. فمثلا خريطة القاهرة المليونية أسمها NH36 فيتم تقسيمها إلي ٤ أركان: الشمال الشرقي NH و الشمال الغربي NW و الجنوب الشرقي SE والجنوب الغربي SW، وتأخذ خرائط ١ : ٥٠٠،٠٠٠ في هذه المنطقة أرقام NH36-NE (العريش) و NH36-NW (القاهرة) و NH36-SE (الطور) و NH36-SW (المنيا).

– سميت هذه الخرائط بأسماء أهم المعالم الجغرافية بها فجاءت أسماء الخرائط: العريش، القاهرة، الإسكندرية، السلوم، الطور، المنيا، الواحات البحرية، سيوة، الغردقة، أسيوط، الفرافرة، صخرة العمود، مرسي علم، أسوان، الداخلة، الرقوبة، حلايب، برنيس، السد العالي، بئر طرفاوي، جبل أركنو.

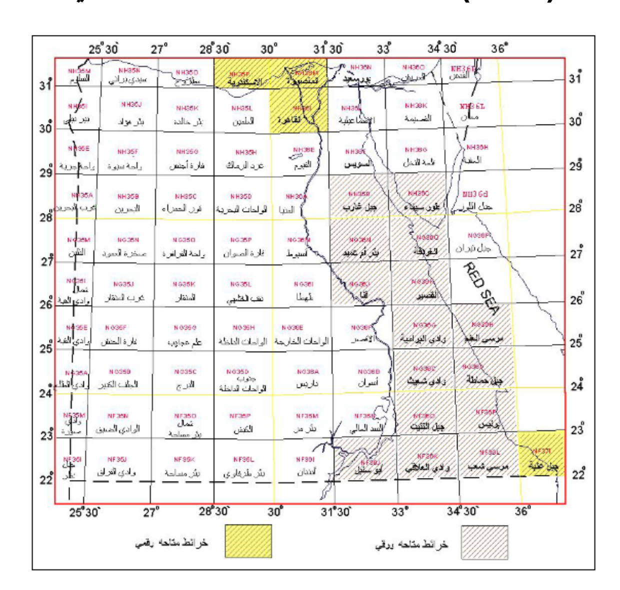
٤. تغطي مصر ٨٠ خريطة من الخرائط ذات مقياس رسم ١ : ٢٥٠،٠٠٠ والتي تغطي الخريطة الواحدة ١.٥ درجة من خطوط الطول و ١ درجة من دوائر العرض. لم تكتمل كل هذه الخرائط للجمهورية، والبعض منها متاح ورقيا بينما بعضها متاح أيضا في صورة رقمية.




**شكل (٧-١٢) دليل الخرائط المليونية في مصر**



**شكل (٧-١٣) دليل خرائط ١ : ٥٠٠،٠٠٠ في مصر**



**شكل (٧-١٤) دليل خرائط ١ : ٢٥٠،٠٠٠ في مصر**

٥. توجد بعض الخرائط مصر ذات مقياس رسم ١ : ١٠٠،٠٠٠ والتي تغطي الخريطة الواحدة ٣٠ دقيقة من خطوط الطول و ٤٠ دقيقة من دوائر العرض. والمتاح من هذه الخرائط هو ما يغطي الأراضي الزراعية في الدلتا و محافظات جنوب مصر حتى أسيوط.

٦. تغطي مصر ١٥٣١ خريطة من الخرائط ذات مقياس رسم ١ : ٥٠،٠٠٠ والتي تغطي الخريطة الواحدة ١٥ دقيقة من خطوط الطول و ١٥ دقيقة من دوائر العرض (جوالي ٢٥ كيلومتر شرقا و ٢٧ كيلومتر شمالا).

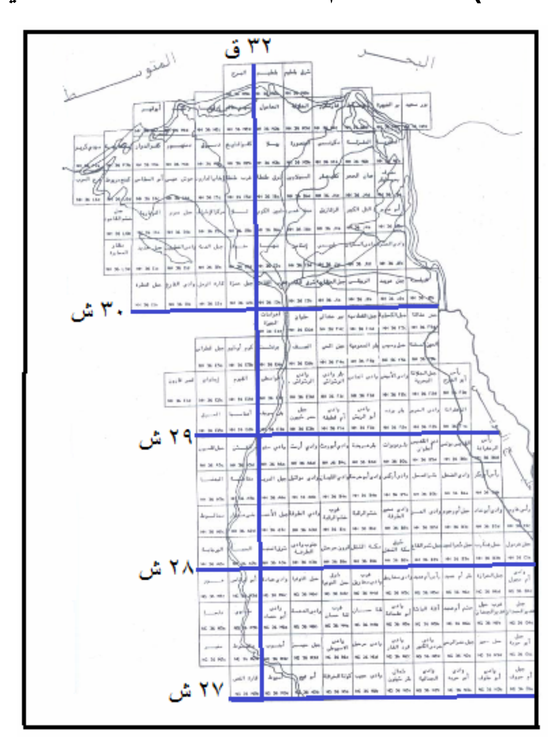
- لم تكتمل كل هذه الخرائط للجمهورية، والمتاح منها حتى الآن حوالي ٤٤٥ خريطة تشمل الوجه البحري و الوجه القبلي و الصحراء الشرقية.
- تبلغ أبعاد الخريطة الواحدة ٥١ × ٥٥ سنتيمتر.
- تطبع خرائط ١ : ٥٠،٠٠٠ بعدة ألوان تتكون من:
  - o الأسود: للمعالم الحضرية
  - o الأحمر: للطرق والمدن و القرى
  - o الأزرق: الترع و البرك و المصارف والبحيرات
  - o البني: لخطوط الكنتور
  - o الأخضر: للأراضي الزراعية
- تحتوي هذه الخرائط علي المعالم الجغرافية التالية:
  - o التضاريس: خطوط الكنتور و نقاط الارتفاع و نقاط الثوابت الأرضية
  - o النقل: الطرق و السكك الحديدية و الكباري و الاتفاق
  - o المعالم الصناعية (المناجم و المحاجر) و التجمعات السكنية و الحدود السياسية وحدود المحافظات و حدود المراكز
  - o الأراضي المزروعة و الأراضي المستصلحة و الأشجار ومحطات الصرف و معالجة المياه
  - o الأماكن التاريخية
  - o المياه: الأنهار و البحيرات والسدود و الآبار و العيون المائية
  - o المرافق: خطوط ومحولات الكهرباء (الضغط العالي) وخطوط التليفونات و الغاز
- يتكون نظام ترقيم هذه الخرائط كالآتي:
  - o تقسم الخريطة المليونية إلي ١٦ خريطة مقياس رسمها ١ : ٢٥٠،٠٠٠ وترقم بالحروف الانجليزية الكبيرة من A إلي P ، مثلا: NH36-M
  - o تقسم كل خريطة ١ : ٢٥٠،٠٠٠ إلي ٦ خرائط ١ : ١٠٠،٠٠٠ ترقم بالأرقام من ١ إلي ٦ ، مثلا NH36-M2
  - o تقسم كل خريطة ١ : ١٠٠،٠٠٠ إلي ٤ خرائط ١ : ٥٠،٠٠٠ ترقم بالحروف الانجليزية الصغيرة من a إلي d ، مثلا NH36-M2a

– يكون الفاصل الكنتوري في هذه الخرائط ١٠ متر للأراضي الصحراوية و ١ متر في الأراضي الزراعية.

31 15 E — 32 00 E
30 30 N — 29 35 N

| | | |
|---|---|---|
| أنشاص<br>Inshās<br>NH36-I3d | بلبيس<br>Bilbays<br>NH36-J1c | وادي سكران<br>Wādī Sakrān<br>NH36-J1d |
| شرق القاهرة<br>Sharq al- Qāhiran (Cairo East)<br>NH36-I3b | جبل العنقابية<br>Jabal al-'Anqābiyyah<br>NH36-J1a | الربيكي<br>Ar-Rubayqī<br>NH36-J1b |
| حلوان<br>Hilwan<br>NH36-E6d | بئر جندالي<br>Bi'r Jindālī<br>NH36-F4c | القطامية<br>AlQattāmiyyah<br>NH36-F4d |

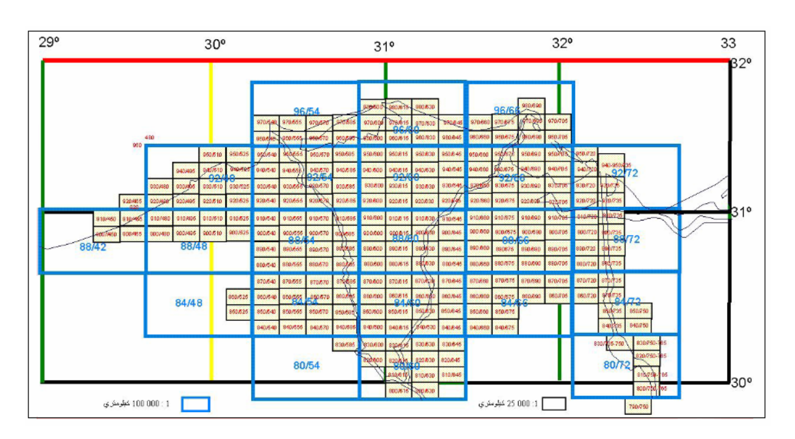
**شكل (٧-١٥) مثال لترقيم الخرائط ١ : ٥٠،٠٠٠ في مصر**



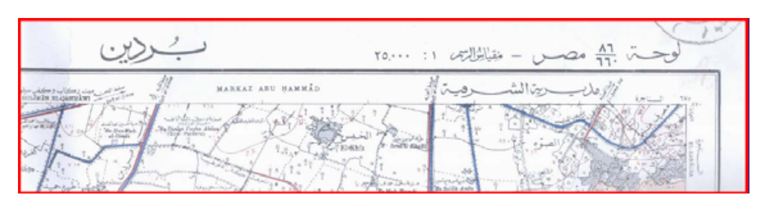

**شكل (٧-١٦) جزء من دليل خرائط ١ : ٥٠،٠٠٠ في مصر**

٧. متاح في مصر ٤٩١ خريطة فقط من الخرائط ذات مقياس رسم ١ : ٢٥،٠٠٠ والتي تغطي الخريطة الواحدة ١٥ كيلومتر شرقا و ١٠ كيلومتر شمالا، تغطي الأراضي الزراعية لوادي النيل من شمال الدلتا حتى أسوان جنوبا (أوقف العمل بهذا المقياس منذ عام ١٩٦٧م).

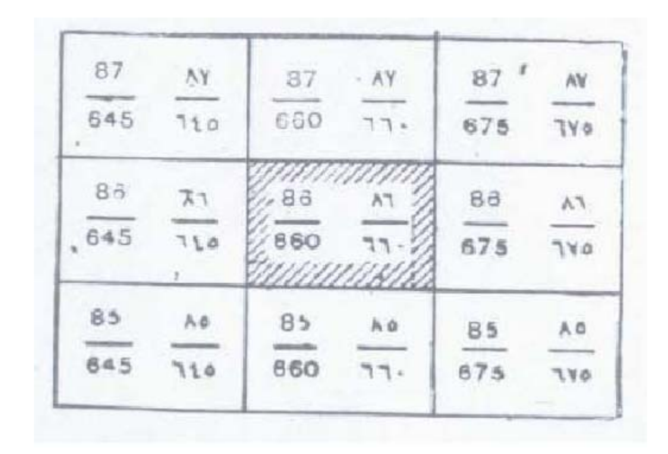
- تبلغ أبعاد الخريطة الواحدة ٦٠ × ٤٠ سنتيمتر.
- تطبع خرائط ١ : ٢٥،٠٠٠ بعدة ألوان تتكون من:
  - الأسود: للمعالم الحضرية
  - الأحمر: للطرق والمدن و القرى
  - الأزرق: الترع و البرك و المصارف والبحيرات
  - البني: لخطوط الكنتور ونقاط الارتفاعات
  - الأخضر: للأراضي الزراعية
  - الرمادي: للمساحات والمناطق السكنية
  - البني الفاتح: لمناطق الرمال
- يتكون نظام ترقيم هذه الخرائط من بسط و مقام يعبران عن الإحداثيات الكيلومترية للركن الجنوبي الغربي للخريطة: يكون البسط هو قيمة الإحداثي الشمالي بعشرات الكيلومترات بينما يكون المقام هو قيمة الإحداثي الشرقي بالكيلومترات. مثال: الخريطة ذات الإحداثيات (الركن الجنوبي الغربي ٥٥٥، ٩٤٠ كيلومتر يكون رقمها ٩٤/٥٥٥.




**شكل (٧-١٧) جزء من دليل خرائط ١ : ٢٥،٠٠٠ لشمال الدلتا في مصر**




**شكل (٧-١٨) مثال لجزء من خريطة ١ : ٢٥،٠٠٠ في مصر**

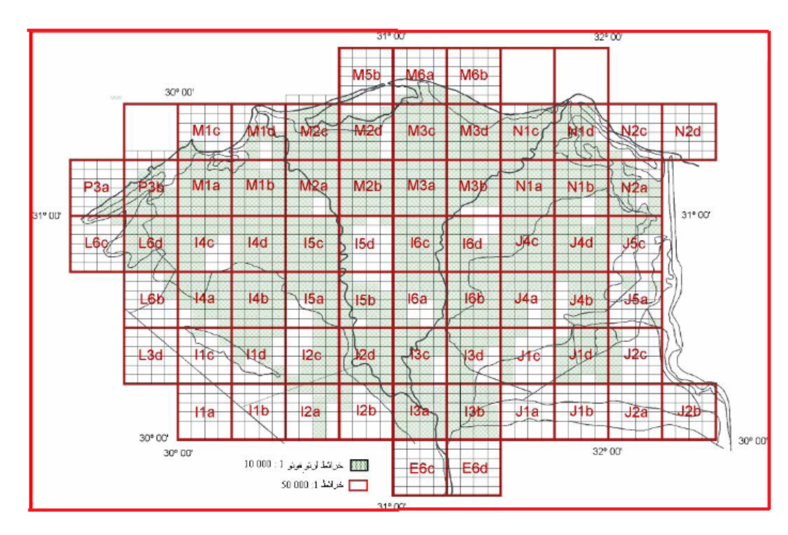



**شكل (٧-١٩) مثال لترقيم خرائط ١ : ٢٥،٠٠٠ في مصر**

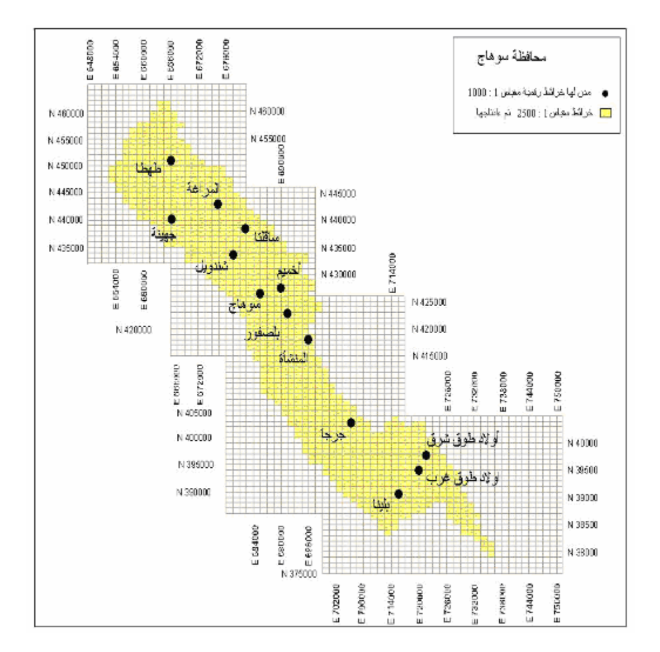
<u>(ب) الخرائط ذات مقاييس الرسم الكبيرة:</u>

تغطي المناطق المعمورة من مصر عدة أنواع من الخرائط التفصيلية كما في الجدول التالي:

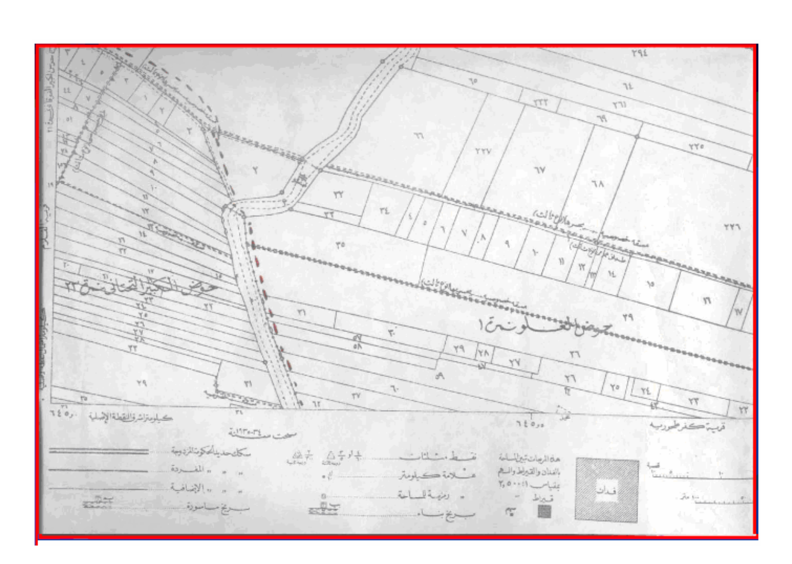
| مقياس الرسم | نوع الخريطة | طول المنطقة بالكيلومتر | عرض المنطقة بالكيلومتر |
|---|---|---|---|
| ١ : ١٠،٠٠٠ | تفصيلية | ٦ | ٤ |
| ١ : ٥،٠٠٠ | تفصيلية | ٣ | ٢ |
| ١ : ٢٥٠٠ | فك الزمام (المناطق الزراعية) | ١.٥ | ١ |
| ١ : ١٠٠٠ | تفريد مدن (داخل المدن) | ٠.٦ | ٠.٤ |
| ١ : ٥٠٠ | | ٠.٣ | ٠.٢ |




**شكل (٧-٢٠) جزء من دليل خرائط ١ : ١٠،٠٠٠ لشمال الدلتا في مصر**




**شكل (٧-٢١) جزء من دليل خرائط ١ : ٢٥٠٠ لمحافظة سوهاج في مصر**



**شكل (٧-٢٢) مثال لجزء من خريطة ١ : ٢٥٠٠ في مصر**

# الفصل الثامن
# تصميم الخريطة

## ٨-١ مقدمة

إن الكارتوجرافيا هي علم و فن إعداد الخرائط كما سبق تعريفها، فهي كعلم تعتمد علي قواعد و أسس رياضية لضمان أن الخريطة تمثل وبدقة الواقع الحقيقي علي سطح الأرض. وعلي الجانب الآخر فان إعداد خريطة "جيدة" يتطلب رؤية فنية لها بهدف أن تتمتع الخريطة بمظهر جمالي مناسب وأن تستطيع نقل المعلومات الممثلة عليها بطريقة سهلة و سريعة لعين قارئ أو مستخدم الخريطة. لذلك فعلي الكارتوجرافي أن يضع في ذهنه حقيقة هامة ألا و هي كيف يصمم خريطة "جيدة و مريحة و سهلة الاستنباط" تؤدي الغرض الأساسي المطلوب منه، وهذا ما يسمي بالاتصال الخرائطي أي الاتصال الذهني بين منشأ الخريطة و مستخدمها. ومع أنه لا توجد قواعد علمية ثابتة لكيفية تصميم الخريطة برؤية فنية و جمالية، إلا أن هذا الفصل يحاول أن يقدم بعض الخطوط العريضة لعملية تصميم الخرائط من حيث اختيار العناصر الظاهرة علي الخريطة وكيفية عرض محتويات الخريطة من حيث الموضع أو الحجم وأيضا اختيار الألوان المستخدمة في الخرائط.

## ٨-٢ عناصر محتوى الخريطة

قبل البدء في إعداد تصميم للخريطة يقوم الكارتوجرافي بتحديد العناصر التي سيتم إظهارها علي هذه الخريطة (بخلاف المحتوي الجغرافي لها). فالخرائط تحتوي علي عدد كبير من العناصر سواء الأساسية أو المساعدة أو المتممة والتي قد تختلف من خريطة لأخرى طبقا للهدف المنشود من الخريطة وأيضا مساحة ورقة الخريطة المطبوعة و مقياس رسمها. وتشمل عناصر محتوي الخريطة ما يلي:

(أ) عناصر رئيسية:

- العنوان الرئيسي للخريطة
- عنوان فرعي
- مفتاح الخريطة
- اتجاه الشمال
- شبكة الإحداثيات
- مسقط الخريطة

(ب) عناصر ثانوية:

- مصادر بيانات الخريطة
- أشكال بيانية
- جداول بيانية
- خرائط مصغرة
- تاريخ إنتاج الخريطة
- جهة إنتاج الخريطة
- شعار الجهة المنشأة للخريطة
- صور فوتوغرافية
- رقم الخريطة
- حقوق الملكية
- نصوص أخري

ويبدأ الكارتوجرافي عمله بسؤال: ما هي العناصر الهامة للخريطة قيد الإعداد؟ وتختلف إجابة هذا السؤال من خريطة لأخرى بطبيعة الحال. وربما يضع الكارتوجرافي نفسه مكان قارئ الخريطة ليسأل: هل كان ضروريا وجود هذا العنصر علي الخريطة؟. وحديثا ومع توافر تقنيات و برامج حاسوبية لإعداد الخرائط فيمكن للكارتوجرافي إعداد عدة "تصاميم" مختلفة للخريطة قبل إنشاؤها فعليا ليقرر ما هو التصميم الأمثل وما هي العناصر المناسبة لهذه الخريطة.

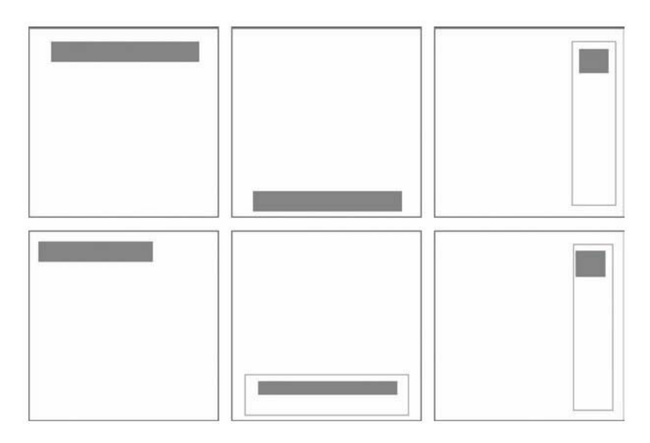
## ٨-٣ عرض محتويات الخريطة

يختلف موضع و حجم كل عنصر من عناصر محتوي الخريطة من حيث الأهمية ومن حيث توفير قدر أكبر من الاتصال الخرائطي. وبالتالي فأن "رؤية" الكارتوجرافي و خبرته الفنية تؤثر بدرجة كبيرة علي المظهر الجمالي النهائي للخريطة. وسنستعرض هنا خطوطا عريضة لكيفية تنفيذ كل عنصر من عناصر الخريطة بصورة كارتوجرافية مناسبة.

عنوان الخريطة:

يعد عنوان الخريطة أهم أساسياتها حيث أنه يدل علي محتوي و هدف تطوير الخريطة والمنطقة الجغرافية التي تمثلها (للخريطة العامة) أو الظاهرة الرئيسية التي تبرزها (للخريطة الموضوعية). يجب أن يكون العنوان مناسبا و دالا علي المعلومة الرئيسية التي يقدمها لمستخدم

الخريطة، فلا يجب أن يكون طويلا جدا أو قصيرا جدا. أما موضع العنوان علي الخريطة فهناك عدة مواضع يمكن الاختيار فيما بينهم كما في الشكل التالي:



**شكل (٨-١) مواضع شائعة لعنوان الخريطة**

مفتاح الخريطة:

مفتاح الخريطة أيضا من أهم عناصرها الأساسية فهو الذي يقدم تعريفا لكافة الرموز المستخدمة علي الخريطة و ما يمثله كل رمز. يتكون مفتاح الخريطة من مجموعة من الرموز و بجوار كل رمز (غالبا علي يساره) نص يدل علي معناه. في حالة وجود عدة رموز يتم ترتيبهم أما أفقيا أو رأسيا سواء في عمود واحد أو في عدة أعمدة طبقا لمساحة المفتاح علي الخريطة ذاتها. وقد يوضع نص "مفتاح الخريطة" أو نص "مصطلحات الخريطة" في الجزء العلوي من مساحة المفتاح. وقد يوضع مفتاح الخريطة في أسفلها أو علي أحد طرفيها.

اتجاه الشمال:

يوضع اتجاه (أو سهم) الشمال في الجزء العلوي من الخريطة بصفة عامة سواء علي يمينها أو يسارها. وقد يوضع داخل المحتوي الجغرافي للخريطة أو خارجه، علي أن يكون ذا حجم مناسب يوضح لمستخدم الخريطة كيفية توجيه الخريطة بسهولة و سرعة. ويري بعض الكارتوجرافيين عدم أهمية وضع اتجاه الشمال علي الخرائط طالما وجدت شبكة الإحداثيات حيث أن هذه الشبكة تدل علي كيفية توجيه الخريطة، إلا أن وجود سهم الشمال يساعد مستخدم الخريطة - وبمجرد النظر- علي سرعة توجيها دون أية خطوات تفصيلية.

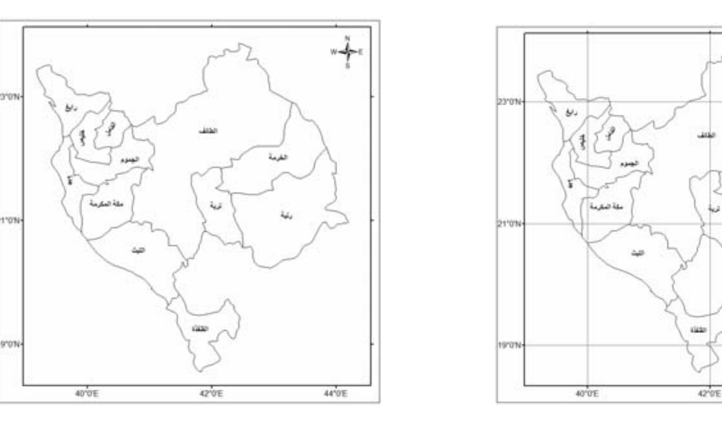
مقياس الرسم:

سواء كان كتابيا أو خطيا فأن مقياس رسم الخريطة من مكوناتها الأساسية فهو الذي يسمح بمعرفة العلاقة بين أية قياسات علي الخريطة و ما تمثله في الطبيعة علي سطح الأرض.

ومن الأفضل وضع مقياس رسم كتابي وآخر خطي علي نفس الخريطة، بل أحيانا يكون من المناسب وضع مقياسي رسم خطيين يختلفان في وحدات القياس (أحدهما بالكيلومترات و الآخر بالأميال) علي نفس الخريطة. وغالبا يوضع مقياس الرسم في الجهة السفلي من الخريطة.

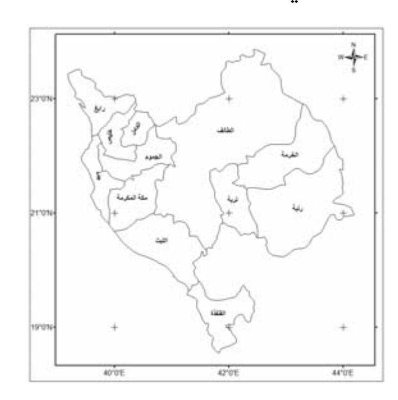
<u>شبكة الإحداثيات:</u>

تمثل خطوط الطول و دوائر العرض (في نظام الإحداثيات الجغرافية) أو قيم الإحداثيات الشرقية و الإحداثيات الشمالية (في نظم الإحداثيات المسقطة أو المترية) التي تغطي كامل سطح المحتوي الجغرافي للخريطة. وتوجد عدة نماذج لشبكات الإحداثيات مثل أن تكون الشبكة مرسومة علي الإطار الخارجي فقط، أو تكون مرسومة علي كل سطح المحتوي الجغرافي، أو مرسومة علي الإطار الخارجي مع وضع علامات عند نقاط تقاطع الإحداثيات علي المحتوي الجغرافي للخريطة:



(أ) شبكة الإحداثيات علي كل سطح المحتوي الجغرافي

(ب) شبكة الإحداثيات علي الإطار الخارجي فقط



(ج) شبكة الإحداثيات علي الإطار الخارجي مع وضع علامات عند نقاط تقاطع الإحداثيات

**شكل (٨-٢) نماذج شبكات الإحداثيات علي الخريطة**

العناوين الفرعية:

يشمل العنوان الفرعي معلومة أخري عن الخريطة تكون أقل أهمية من العنوان الرئيسي للخريطة لكنها مازالت تمثل أهمية ضرورية لفهم الخريطة فهما كاملا. فعلي سبيل المثال فأن اسم الجهة المنتجة للخريطة يمثل عنوانا فرعيا لها حيث أنه يقدم لمستخدم الخريطة معلومة هامة عن مصداقية هذه الخريطة فقارئ الخريطة سيتحقق من مصداقيتها عندما يعرف أنها من جهة حكومية مسئولة عن إنتاج الخرائط الرسمية في هذه الدولة. غالبا يوضع العنوان الفرعي (إن وجد) أسفل العنوان الرئيسي للخريطة مع استخدام بنط أقل في كتابة نصه.

جهة و تاريخ إنتاج الخريطة:

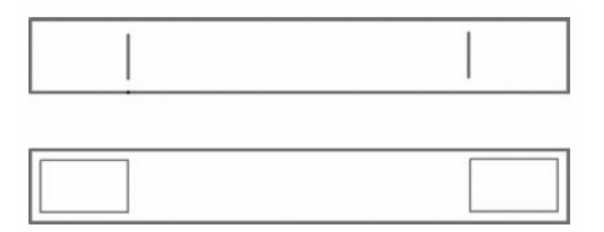
من المعلومات الهامة علي الخريطة أن يعرف مستخدم الخريطة اسم الجهة التي قامت بإنتاجها و تاريخ الإنتاج. فالخريطة تمثيل للواقع الموجود في لحظة زمنية معينة، فقد نجد خريطتين مختلفتين لنفس المنطقة أو نفس الظاهرة بسبب أن كلا منهما قد تم تطويرها في تاريخ محدد يختلف عن الخريطة الأخرى. عادة يوضع نص جهة و إنتاج الخريطة في أسفلها سواء من جهة اليمين أو من جهة اليسار.

حقوق ملكية الخريطة:

عادة في الخرائط الحكومية يوضع نص علي الخريطة يحدد الحقوق الفكرية لملكية الخريطة بحيث تعود هذه الحقوق للجهة التي أنتجت الخريطة. وغالبا تكون حقوق الملكية - إن وجدت - في أسفل الخريطة.

إطار محتويات الخريطة:

غالبا فأن عناصر محتويات الخريطة يتم جمعهم في إطار (مستطيل أو مربع) واحد وعادة يوضع في أسفل الخريطة. وقد يكون الإطار مقسما الي أجزاء باستخدام الخطوط الرأسية أو يحتوي علي إطارات أخري داخلية لكل عنصر من عناصر المحتوي.



**شكل (٨-٣) مواضع إطار عناصر الخريطة**

## مصادر بيانات الخريطة:

قد توضع علي الخريطة معلومات عن مصادر البيانات التي تم استخدامها في إنتاج هذه الخريطة، وغالبا يكون موضع هذه النصوص في أسفل الخريطة أو علي أحد طرفيها.

مصادر الخارطة

(١) المعلومات الرقمية لمصادر الخارطة التي تغطي المملكة العربية السعودية مأخوذة من خرائط الإدارة العامة للمساحة العسكرية مقياس رسم ١ : ٢٥٠,٠٠٠ والتي أنتجت في الإدارة العامة للمساحة العسكرية من سنة ١٤١٢ إلى ١٤١٨هـ

(٢) الصور الفضائية التي تشكل خلفية لخريطة المملكة العربية السعودية ماخوذة من صور القمر الصناعي Spot -وبيانات صور القمرSpot-4 للغطاء النباتي المنتجة في عام ٢٠٠٠م.

عند ملاحظة أي تصحيحات أو إضافة لازمة على هذه الخارطة يمكن الرجوع إلى الإدارة العامة للمساحة للعسكرية - الرياض أو الكتابة على ص , ب ٨٦٥٢ الرياض ١١٤٩٢ المملكة العربية السعودية

**شكل (٨-٤) نموذج لمصادر البيانات علي الخريطة**

## شعار الجهة المنشأة للخريطة:

غالبا تقوم الجهة المنتجة للخريطة بوضع شعارها (رسم أو لوجو) إضافة لاسمها علي الخريطة، ومن الأفضل أن يكون الشعار بحجم مناسب و موضوعا بجانب اسم الجهة في أسفل الخريطة.




**شكل (٨-٥) مثال لشعار جهات إنتاج الخريطة**

## أشكال و جداول بيانية:

في الخرائط الموضوعية وخاصة خرائط التوزيعات الكمية قد يكون مناسبا وضع بعض الأشكال و الجداول البيانية التي تعطي معلومات إحصائية عن الظاهرة (أو الظاهرات) الممثلة علي الخريطة. وعادة توضع هذه الأشكال البيانية وبحجم مناسب علي أحد جانبي الخريطة.

<u>صور فوتوغرافية:</u>

تفيد الصور الفوتوغرافية في جعل مستخدم الخريطة يري الواقع والصورة الحقيقية لبعض معالم الخريطة، وعادة تستخدم الصور الفوتوغرافية لإضفاء قدر أكبر من المظهر الجمالي علي الخريطة خاصة الخرائط السياحية و التعليمية.

<u>رقم الخريطة:</u>

يكون لكل خريطة رقم محدد في حالة تطوير سلسلة أو مجموعة من الخرائط، ومن ثم يوضع رقم الخريطة - إن وجد - مع العناصر الأخرى للخريطة.

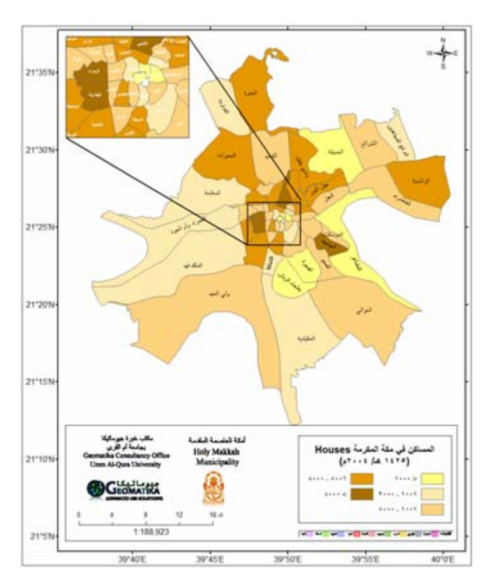
<u>مسقط الخريطة:</u>

مسقط الخريطة أحد أهم عناصر الأساس الرياضي الذي بنيت عليه الخريطة، ومن ثم فيجب وضع نص يدل علي نوع مسقط الخريطة. عادة يوضع مسقط الخريطة بجوار (أو أسفل) مقياس رسمها.

<u>خرائط مصغرة:</u>

في أحيان كثيرة يحتاج الكارتوجرافي لوضع خريطة مصغرة علي الخريطة بهدف (١) بيان الموقع الجغرافي العام للمحتوي الجغرافي للخريطة الأصلية، (٢) تكبير جزء من الخريطة الأصلية لبيان تفاصيل أكثر عنه. عادة توضع الخرائط المصغرة في أعلي الخريطة الأصلية في أحد جانبيها.



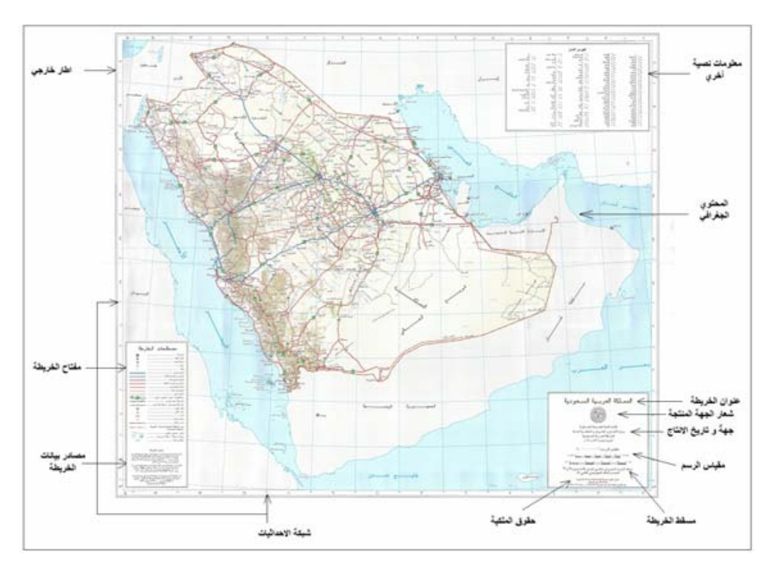



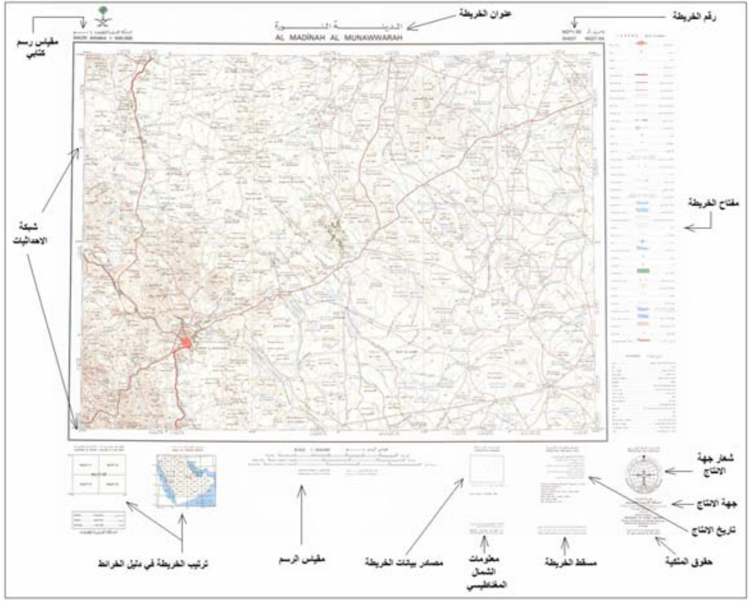

**شكل (٨-٦) نماذج للخرائط المصغرة**

<u>إطار الخريطة:</u>

عادة يوضع إطار شامل يضم كافة محتويات الخريطة سواء المحتوي الجغرافي لها و كافة عناصر الخريطة.

لا يوجد نظام محدد لترتيب مواضع العناصر التي تتكون منها الخريطة، إنما تخضع عملية التصميم لخبرة الكارتوجرافي و رؤيته الفنية و الجمالية. وكلما كانت الخريطة بسيطة و تتمتع بتناسق كبير بين أحجام عناصرها و الألوان المستخدمة فيها كلما كانت أكثر جودة وكلما حققا قدرا أكبر من الاتصال الخرائطي بين الكارتوجرافي و مستخدم الخريطة. والأشكال التالية تقدم نماذج لبعض الخرائط و أساليب تصميمها.



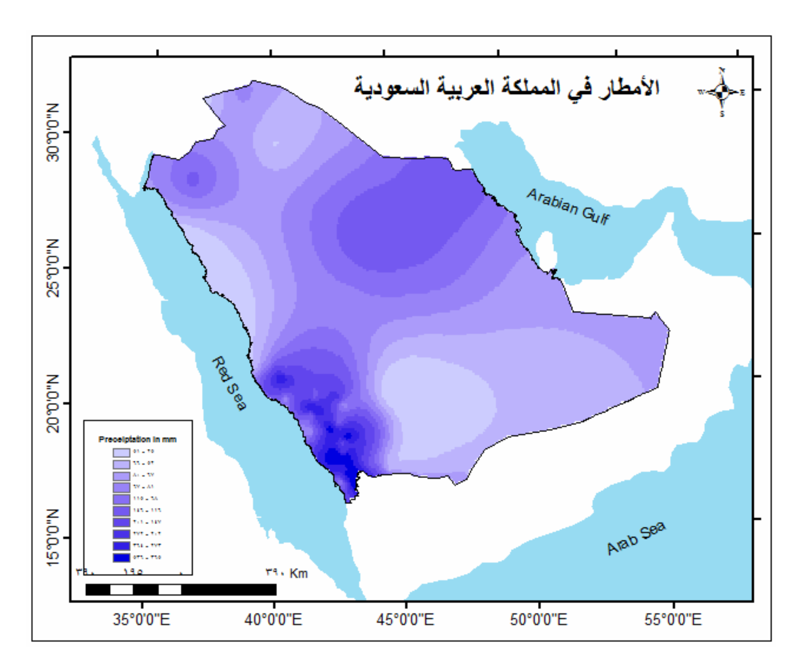

**شكل (٨-٧) نماذج لتصميم و إخراج الخرائط**

## ٨-٤ استخدام الألوان فى الخرائط

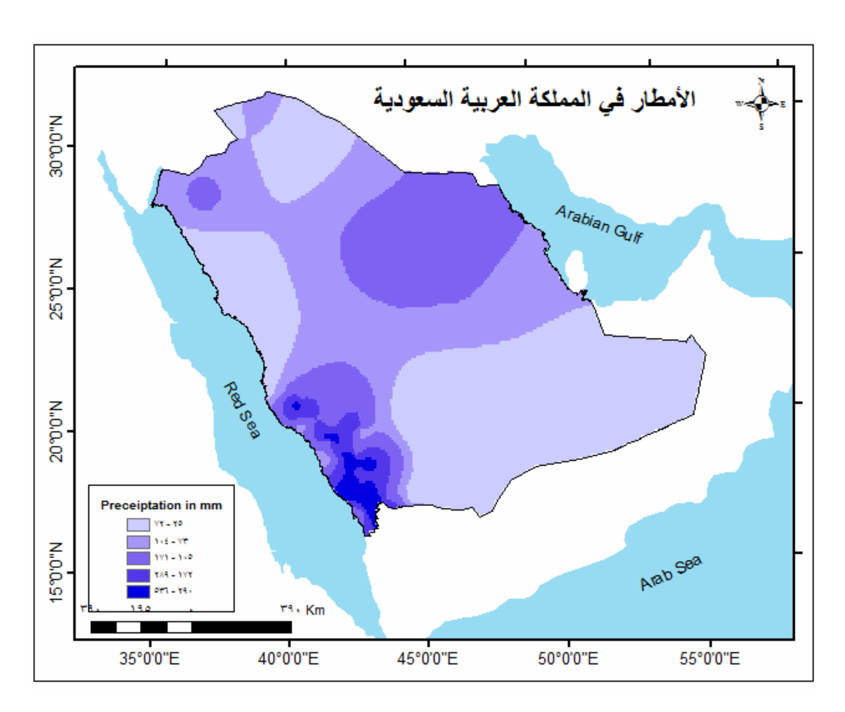
مع انتشار أجهزة الطباعة الملونة و رخص ثمنها في الوقت الراهن فيمكن القول أن معظم - إن لم يكن كل - الخرائط أصبحت تطبع بالألوان. لكن يقع الكثير من الكارتوجرافيين خاصة المبتدئين في خطأ تصور أنه كلما اشتملت الخريطة علي ألوان عديدة زاهية فيكفل هذا لها القيمة الجمالية العالية، فعلي العكس من ذلك فأنه كلما زادت بساطة الخريطة و تناسق ألوانها كلما كانت أسهل في القراءة و استنباط و إدراك ما بها كمن معلومات.

الشروط العامة لاستخدام الألوان في التمثيل الكارتوجرافي:

- يجب على كل الألوان أن تكون متناسقة ومنسجمة مع بعضها البعض.
- أن يكون اللون متناسب ومعبر عن العنصر الممثل له، وهذه من أهم شروط استخدام اللون ولا يجب الإسراع في اعتماد اللون لأي عنصر، كما يجب محاولة تغييره إذا حدث عدم انسجام أو تنافر مع باقي ألوان الدخلة في تصميم المجال الكارتوجرافي.
- الابتعاد عن الألوان الفاقعة والداكنة أي عالية الصراحة.
- أن يخصص للمساحات الكارتوجرافية الصغيرة علي الخريطة ألوان أكثر دكانه أو من النوع الفاقع للتعويض عن صغر مساحاتها.
- أن تساعد الألوان في إظهار وتمييز التشابه أو الاختلاف بين مناطق توزيع العناصر الكارتوجرافية بهدف توفير قراءة أسهل للعمل الكارتوجرافي.
- تستخدم الألوان المتباينة في الخريطة لكي توضح الظواهر المتقابلة مثل مناطق الجفاف و المناطق المطيرة أو مناطق الكثافة السكانية العالية و مناطق الكثافة السكانية المنخفضة.
- في حالة استخدام تدرج اللون الواحد يجب ألا تكون فئات اللون كثيرة بحيث يصعب علي قارئ أو مستخدم الخريطة التمييز بينهم (الشكل التالي).




**(أ) تدرج لوني غير جيد (عدد كبير من الفئات)**




**(ب) تدرج لوني جيد (عدد قليل من الفئات)**

**شكل (٨-٨) استخدام التدرج اللوني في الخرائط**

# الفصل التاسع
# الخريطة الموضوعية

## ٩-١ مقدمة

تعد الخريطة الموضوعية من أهم أنواع الخرائط شائعة الاستخدام في العديد من المجالات و التطبيقات، حيث أنها تختص بعرض أو تمثيل موضوع واحد علي الخريطة لبيان انتشاره و توزيعه و خصائصه ومن هنا جاء اسم هذا النوع من الخرائط. أيضا تسمي هذه الخريطة بالخريطة الخاصة مقارنة بالخريطة الجغرافية العامة التي تمثل كل الظاهرات الموجودة في المنطقة الجغرافية الممثلة علي الخريطة. ويطلق اسم خريطة التوزيعات أيضا علي الخريطة الموضوعية لأنها تبرز التوزيع و الانتشار المكاني لتلك الظاهرة قيد الدراسة. ويطلق علي أحد أنواع الخريطة الموضوعية اسم الخريطة الإحصائية لأنها تمثل قيم عددية إحصائية عن خصائص الظاهرة الممثلة علي الخريطة.

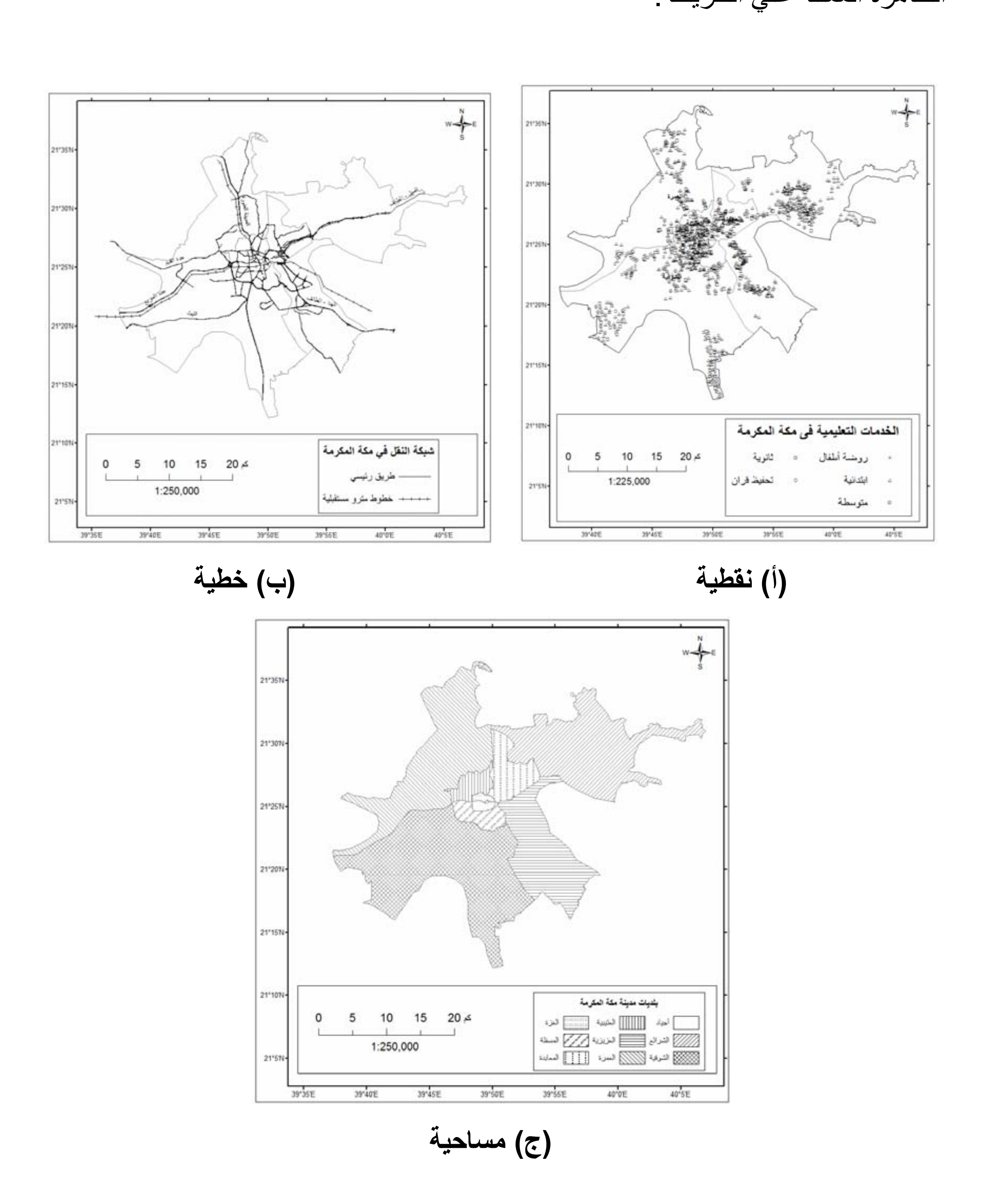
ولا تعد الخريطة الموضوعية تطبيقا حديثا من تطبيقات الكارتوجرافيا حيث ترجع أول خريطة موضوعية معروفة الي عام ١٦٠٧م (١٠١٥هـ) والتي أعدها هونديوس Jodocus Hondius وتظهر توزيع الديانات المختلفة. وتحقق الخريطة الموضوعية عدة أهداف تشمل:

- تقديم معلومات محددة عن موقع أو منطقة جغرافية معينة.
- تقديم معلومات عامة عن التوزيع و النمط المكاني لظاهرة.
- تستخدم للمقارنة بين أنماط التوزيع بين خريطتين أو أكثر.

## ٩-٢ الخرائط الموضوعية النوعية

تنقسم الخرائط الموضوعية بصفة عامة الي قسمين: نوعية و كمية. فالخريطة الموضوعية النوعية هي الخريطة التي تهتم بإبراز الأنواع المختلفة للظاهرة الممثلة علي الخريطة، فمثلا إذا أردنا إعداد خريطة موضوعية عن أنواع الخدمات الصحية المتوافرة في مدينة مكة المكرمة فستكون هذه الخريطة الموضوعية خريطة نوعية. وتعد خرائط استخدامات الأراضي أشهر تطبيقات الخرائط الموضوعية النوعية. أما الخريطة الموضوعية الكمية (الخريطة الإحصائية) فهي التي تهتم بتمثيل القيم العددية للظاهرة، مثل تلك الخريطة التي تمثل توزيع سكان مدينة مكة المكرمة علي الأحياء المختلفة بها.

تستخدم الخرائط الموضوعية لتمثيل أية ظاهرة مهما كان شكلها علي الخريطة، فهناك خرائط موضوعية للظاهرات الموضعية (النقطية) وخرائط موضوعية للظاهرات الخطية و خرائط موضوعية للظاهرات المساحية (المضلعة). ومن ثم فأن الرموز المستخدمة في إنشاء الخرائط الموضوعية تشمل كافة أنواع الرموز سواء النقطية أو الخطية أو المساحية طبقا لنوع الظاهرة الممثلة علي الخريطة.




(أ) نقطية

(ب) خطية

(ج) مساحية

**شكل (٩-١) أمثلة للخرائط الموضوعية النوعية**

## ٩-٣ الخرائط الموضوعية الكمية

طبقا لنوع الظاهرة الممثلة علي الخريطة الموضوعية الكمية فهناك ثلاثة أنواع من هذه الخرائط: خرائط رموز الموضع الكمية و خرائط رموز الخط الكمية و خرائط رموز المساحة الكمية.

### ٩-٣-١ خرائط رموز الموضع الكمية:

في هذا النوع من الخرائط الإحصائية يتم استخدام نوعين رئيسين من الرموز لتمثيل قيمة الظاهرة علي الخريطة الموضوعية، و هما رموز النقطة و الرموز النسبية:

#### (أ) رموز النقطة:

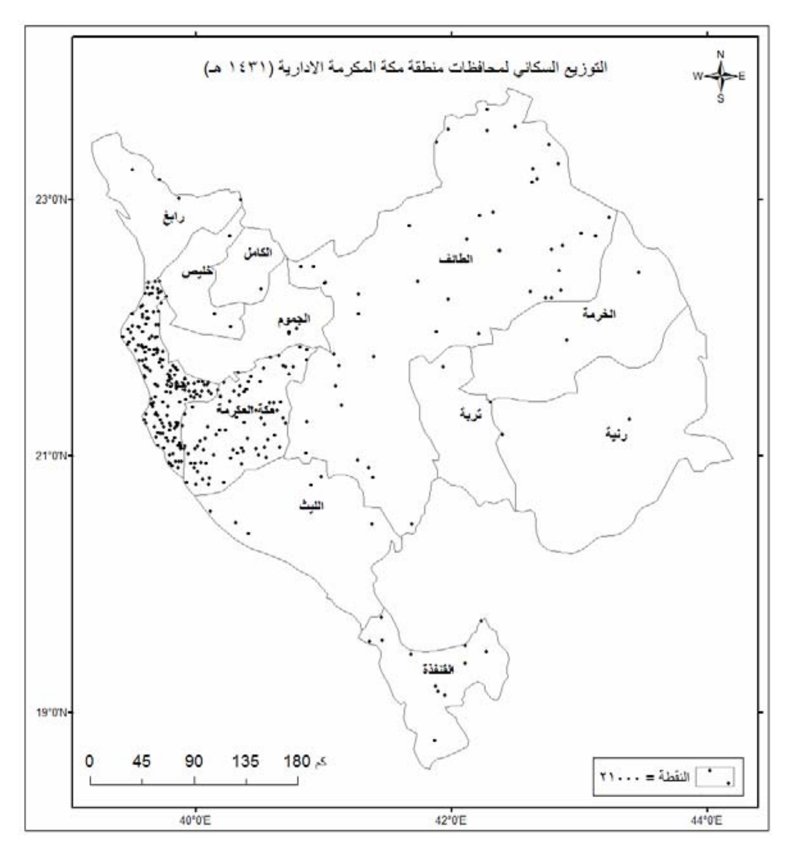
يتم استخدام رمز النقطة للتعبير عن قيمة محددة للظاهرة المطلوب تمثيلها علي الخريطة، وبناءا علي قيمة الظاهرة في منطقة معينة يتم حساب عدد النقاط التي ستوضع داخل هذه المساحة علي الخريطة. فمثلا عند استخدام رموز النقاط في تمثيل عدد السكان في أحياء مدينة مكة المكرمة فأننا نحدد القيمة التي ستعبر عنها النقطة الواحدة (وليكن مثلا ٢٠ ألف نسمة)، ثم نقسم عدد سكان كل حي من أحياء المدينة علي قيمة النقطة الواحدة فنحسب عدد النقاط التي تعبر عن سكان كل حي، ومن ثم يتم توقيع هذا العدد من النقاط داخل حدود كل حي علي الخريطة. وهذا النوع من الخرائط يسمي خرائط النقاط أو خرائط الكثافة (لأنه كلما زادت قيمة الظاهرة زاد عدد النقاط الممثلة لها وبالتالي زادت كثافة النقاط في هذا الجزء من الخريطة).

مثال ١:

الجدول التالي يعرض أعداد سكان المحافظات في منطقة مكة المكرمة الإدارية والمطلوب تمثيل هذه الظاهرة باستخدام خرائط النقاط.

حيث أنم أقل عدد سكان هو تقريبا ٢١ ألف في محافظة الكامل، فأننا نفترض أن النقطة الواحدة ستمثل ٢١٠٠٠ نسمة من السكان. ثم نقوم بقسمة عدد سكان كل محافظة علي ٢١٠٠٠ لحساب عدد النقاط التي ستمثل عدد سكان كل محافظة كما في العمود الثالث من الجدول (مع تقريب ناتج القسمة الي أقرب عدد صحيح). ثم نقوم بتوقيع عدد النقاط المناظرة لكمل محافظة داخل حدود المحافظة علي الخريطة.

| المحافظة | عدد السكان | عدد النقاط |
|---|---|---|
| مكة المكرمة | ١٦٧٥٣٦٨ | ٨٠ |
| جدة | ٣٤٥٦٢٥٩ | ١٦٥ |
| الطائف | ٩٨٧٩١٤ | ٤٧ |
| القنفذة | ٢٧٢٤٢٤ | ١٣ |
| الليث | ١٢٨٥٢٩ | ٦ |
| رابغ | ٩٢٠٧٢ | ٤ |
| الجموم | ٩٢٢٢٢ | ٤ |
| خليص | ٥٦٦٨٧ | ٣ |
| الكامل | ٢١٤١٩ | ١ |
| الخرمة | ٤٢٢٢٣ | ٢ |
| رنية | ٤٥٩٤٢ | ٢ |
| تربة | ٤٣٩٤٧ | ٢ |




**شكل (٩-٢) نموذج لخرائط النقاط أو خرائط الكثافة**

(ب) الرموز النسبية:

في هذا النوع من الخرائط يتم التعبير عن قيمة الظاهرة باستخدام الرموز الموضعية الهندسية (الدائرة و المربع و المثلث و المستطيل ... الخ) بصورة نسبية للدلالة عن التغيرات الكمية بين مفردات الظاهرة. فمثلا يمكن التعبير عن عدد سكان محافظات منطقة مكة المكرمة الإدارية باستخدام الأعمدة بحيث يكون طول العمود معبرا عن القيمة النسبية لعدد السكان في كل محافظة. أيضا يمكن استخدام رمز الدائرة لتمثيل عدد السكان بحيث يكبر حجم الدائرة كلما كبر عدد السكان في كل محافظة. تعطي طريقة الرموز النسبية صورة سريعة للقارئ عن التغيرات النسبية لقيمة الظاهرة الممثلة علي الخريطة و التباين أو الاختلاف المكاني (الجغرافي) لتوزيع هذه الظاهرة. أيضا يمكن استخدام رموز موضع حجميه أو ثلاثية الأبعاد (مثل المكعب و المخروط) بدلا من الرموز الموضعية البسيطة ثنائية الأبعاد في تمثيل خرائط رموز الموضع الكمية.

مثال٢:

في الجدول السابق لأعداد سكان المحافظات في منطقة مكة المكرمة الإدارية قم بإنشاء خريطة توزيعات باستخدام الدوائر النسبية.

من الجدول نلاحظ أن:

أقل عدد سكان = ٢١٤١٩ نسمة (محافظة الكامل)

أكبر عدد سكان = ٣٤٥٦٢٥٩ نسمة (محافظة جدة)

الفرق بين أكبر عدد سكان و أقل عدد سكان = ٣٤٥٦٢٥٩ - ٢١٤١٩ = ٣٤٣٤٨٤٠ نسمة

نختار عدد الفئات المطلوب عمل التوزيع بناءا عليها، وليكم مثلا ٥ فئات

أي أن:

الفئة الواحدة = الفرق بين أكبر و أقل عدد سكان ÷ عدد الفئات

الفئة الواحدة = ٣٤٣٤٨٤٠ ÷ ٥

= ٦٨٦٩٦٨ نسمة

بداية الفئة الأولي = أقل عدد سكان

نهاية كل فئة = بداية الفئة + قيمة الفئة الواحدة

بداية كل فئة = نهاية الفئة السابقة

أي أن:

بداية الفئة الأولي = ٢١٤١٩

نهاية الفئة الأولي = بداية الفئة الأولي + قيمة الفئة الواحدة

= ٢١٤١٩ + ٦٨٦٩٦٨ = ٧٠٨٣٨٧

بداية الفئة الثانية = نهاية الفئة السابقة

= نهاية الفئة الأولي = ٧٠٨٣٨٧ ونضيف لها ١ حتى لا يكون هناك رقم مكرر مرتين في فئتين متتاليتين، لتصبح ٧٠٨٣٨٨

وبالمثل فأن:

نهاية الفئة الثانية = بداية الفئة الثانية + قيمة الفئة الواحدة

= ٧٠٨٣٨٧ + ٦٨٦٩٦٨ = ١٣٩٥٣٥٥

نهاية الفئة الثالثة = بداية الفئة الثالثة + قيمة الفئة الواحدة

= ١٣٩٥٣٥٦ + ٦٨٦٩٦٨ = ٢٠٨٢٣٢٣

نهاية الفئة الرابعة = ٢٠٨٢٣٢٣ + ٦٨٦٩٦٨ = ٢٧٦٩٢٩١

نهاية الفئة الخامسة = ٢٧٦٩٢٩١ + ٦٨٦٩٦٨ = ٣٤٥٦٢٥٩

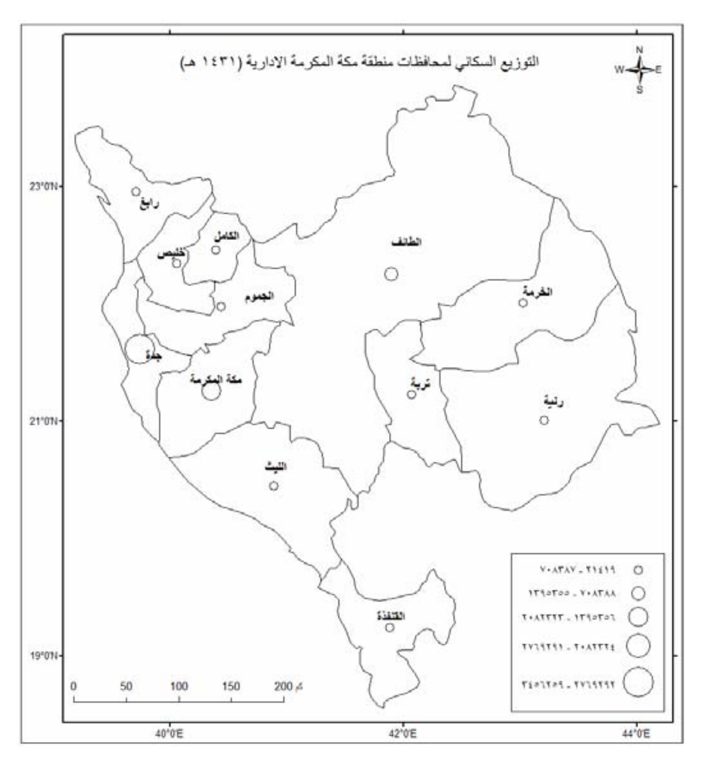
= أكبر عدد سكان

وتكون النتائج النهائية كما في الجدول التالي:

| الفئة | البداية | النهاية |
|---|---|---|
| الأولي | ٢١٤١٩<br>أقل عدد سكان | ٧٠٨٣٨٧ |
| الثانية | ٧٠٨٣٨٨ | ١٣٩٥٣٥٥ |
| الثالثة | ١٣٩٥٣٥٦ | ٢٠٨٢٣٢٣ |
| الرابعة | ٢٠٨٢٣٢٤ | ٢٧٦٩٢٩١ |
| الخامسة | ٢٧٦٩٢٩٢ | ٣٤٥٦٢٥٩<br>أكبر عدد سكان |

ثم نحدد الفئة التي ستقع بها كل محافظة من محافظات منطقة مكة المكرمة الإدارية بناءا علي قيمة عدد سكان المحافظة، فنجد أن الطائف ستقع في حدود الفئة الثانية و محافظة جدة ستقع في حدود الفئة الرابعة و محافظة مكة المكرمة ستقع في حدود الفئة الثالثة بينما ستكون باقي المحافظات في الفئة الأولي.

ثم نختار نصف قطر مناسب لكل دائرة من الدوائر النسبية التي سيتم رسمها علي الخريطة، فمثلا إذا أخذنا نصف قطر يبلغ ٢ ملليمتر لدائرة الفئة الأولي فستكون دائرة الفئة الثانية أكبر نسبيا (مثلا ٣ ملليمتر) ودائرة الفئة الثالثة أكبر من تلك للفئة الثانية (مثلا ٤ ملليمتر) ... وهكذا.




**شكل (٩-٤) نموذج لخرائط الدوائر النسبية**

## <u>٩-٣-٢ خرائط رموز الخط الكمية:</u>

عند استخدام الرموز الخطية للتعبير عن الظاهرات الكمية فأن سمك (عرض) الخط يدل علي قيمة الظاهرة، فكمثال يمكن تغيير سمك الخطوط المعبرة عن الطرق بحيث يمثل سمك الخط عرض الطريق وبذلك يمكن التفرقة بين الطرق السريعة و الطرق العادية و الشوارع الداخلية. أيضا يمكن استخدام الألوان المتعددة للحصول علي رموز خطية جديدة لنفس الخط المرسوم علي الخريطة.

## <u>٩-٣-٣ خرائط رموز المساحة الكمية:</u>

عند تمثيل الظاهرات المكانية تمثيلا كميا علي الخرائط فهناك عدة طرق للتمثيل أو عدة أنواع من هذه الخرائط وتشمل:

- خرائط التظليل النسبي (الكوروبليث)
- خرائط خطوط التساوي (الايزوبليث)

(أ) خرائط التظليل النسبي (الكوروبليث)

تعد هذه الخرائط أبسط أنواع خرائط التوزيعات الكمية وأكثرها انتشارا، وهي تطبق مجموعة من الظلال المتدرجة لتعبر عن التدرج في كثافة الظاهرة الممثلة.

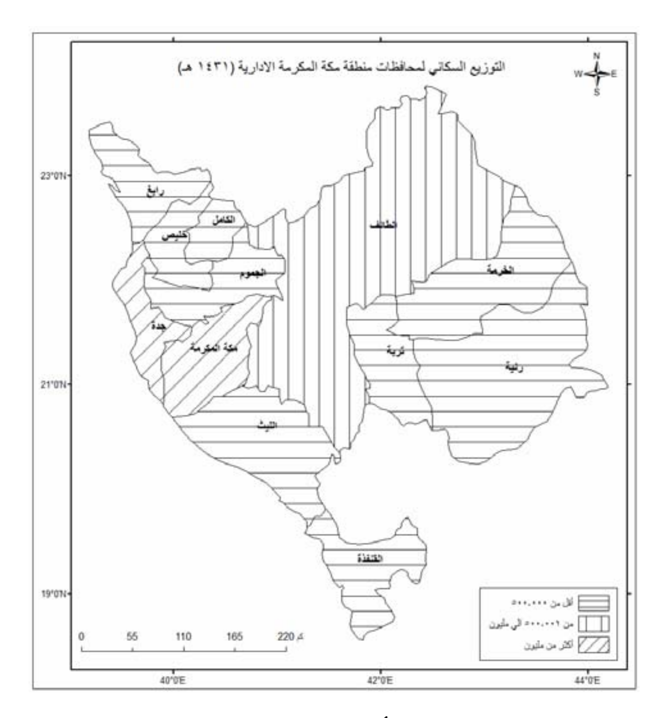
مثال:

بالرجوع للمثال السابق عن أعداد سكان محافظات منطقة مكة المكرمة الإدارية سنقوم الآن بتقسيم أعداد السكان الي ثلاثة فئات فقط وبدلا من التقسيم بالتساوي سنحدد بداية و نهاية الفئات بطريقة اختيارية. فمثلا سنحدد أن تكون الفئة الأولي ممثلة لسكان المحافظات الأقل من ٥٠٠ ألف، بينما ستكون الفئة الثانية للمحافظات التي يتراوح سكانها بين نصف و واحد مليون نسمة، وستكون الفئة الثالثة للمحافظات التي يزيد سكانها عن المليون نسمة. وبهذه الطريقة فأن تفسير الخريطة الموضوعية سيكون أسهل علي المستخدم حيث أنه سيدرك وبسرعة و سهولة أي المحافظات قليلة السكان و أيهم متوسطة السكان و أيهم عالية السكان.

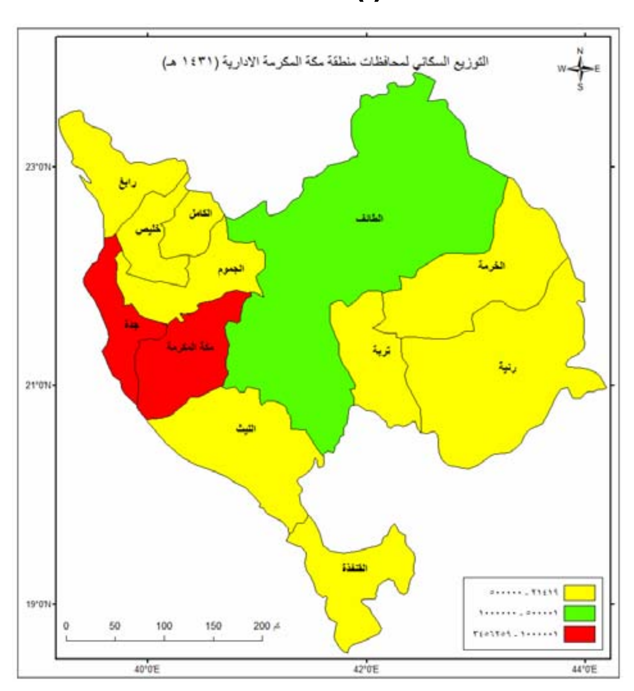
بعد اختيار عدد الفئات وقيمة حدود كل فئة سنقوم بتحديد المحافظات التي ستنتمي لكل فئة من هذه الفئات الثلاثة (من عدد سكان كل محافظة في الجدول) لنجد أن الفئة الثانية تضم محافظة الطائف فقط، والفئة الثالثة تضم محافظتي جدة و مكة المكرمة، بينما باقي المحافظات ستقع في حدود الفئة الأولي.

نختار نوع من أنواع الظلال ليمثل كل فئة من فئات التوزيع، فمثلا نختار التظليل الأفقي للفئة الأولي و التظليل الرأسي للفئة الثانية و التظليل الشبكي للفئة الثالثة. ويلي ذلك رسم الخريطة الموضوعية الكمية من خلال ملئ حدود كل محافظة بنوع الظلال الذي يمثل فئة عدد سكان هذه المحافظة.

إذا أردنا استخدام الألوان كنوع من أنواع التظليل النسبي فلن تتغير إلا الخطوة الأخيرة (في المثال الحالي) حيث سنختار لون محدد لكل فئة من فئات تقسيم بيانات الزاهرة (فئات أعداد السكان) بحيث يكون اللون فاتحا للفئة الأولي ثم يبدأ في الدكانه (الاغمقاق) لكل فئة تالية.




**(أ) بالتظليل**

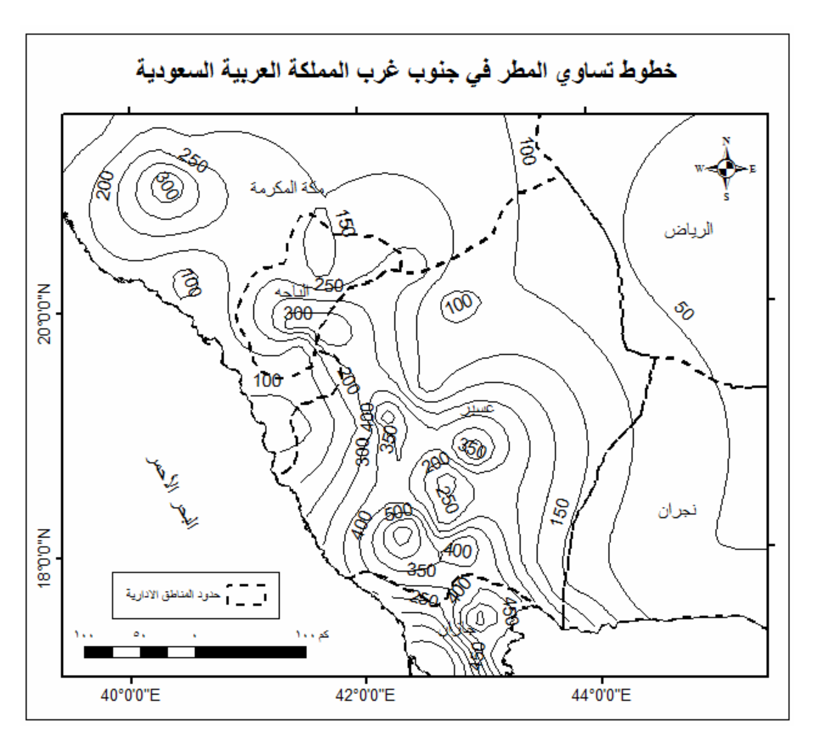



**(ب) بالألوان**

**شكل (٩-٥) نماذج لخرائط التظليل النسبي**

<u>(ب) خرائط خطوط التساوي (الايزوبليث)</u>

خطوط التساوي هي الخطوط التي تمر بالنقاط ذات القيمة المتساوية من قيم الظاهرة. وتتطلب هذه الخرائط كم أكبر من بيانات الظاهرة بحيث يكون هناك مجموعة من النقاط معلومة الإحداثيات الأفقية (خطوط الطول و دوائر العرض) ومعلومة قيمة الظاهرة عند كل نقطة من هذه النقاط. فعلي سبيل المثال إذا توافر لدينا بيانات لعدد من محطات الأرصاد بحيث يكون معلوما موقع كل محطة (خط طولها و دائرة عرضها) وقيمة درجة الحرارة - مثلا - عند كل محطة من هذه المحطات فيمكننا رسم خريطة خطوط تساوي درجات الحرارة، والتي فيها سيكون هناك مجموعة من الخطوط كل خط منهم يمر بجميع المواقع التي لها نفس قيمة درجة الحرارة. وإذا توافرت أيضا قيم كمية المطر عند كل محطة من هذه المحطات فيمكننا رسم خريطة خطوط تساوي المطر، والتي فيها سيكون هناك مجموعة من الخطوط كل خط منهم يمر بجميع المواقع التي لها نفس كمية المطر. ولمعرفة تفاصيل رسم هذا النوع من الخرائط يمكن الرجوع للفصل القادم حيث أن خطوط الكنتور تعد أحد أنواع خطوط التساوي.




**شكل (٩-٦) نموذج لخرائط خطوط التساوي**

# الفصل العاشر

# الخريطة الكنتورية

## ١٠-١ مقدمة

الخريطة الكنتورية هي أحد أنواع الخرائط المخصصة بصفة عامة لدراسة تضاريس سطح الأرض من جبال و هضاب و منخفضات، ولذلك فهي من أهم الخرائط للجغرافيين و المهندسين. فهلي سبيل المثال فأن بيان تفاصيل تضاريس سطح الأرض في منطقة معينة لهو من أهم متطلبات الدراسات اللازمة لإنشاء المشروعات الهندسية مثل الطرق و الجسور، وأيضا لدراسة الأودية و مساراتها بهدف الوقاية من آثار الفيضانات و السيول، كما أنه يفيد في استصلاح الأراضي و التنمية الزراعية و العمرانية.

منذ عدة قرون استخدم الجغرافيين وسائل متعددة لتمثيل التغيرات في تضاريس سطح الأرض (مثل طرق الهاشور و الظلال والرسم المنظوري)، إلا أن طريقة خطوط الكنتور تعد هي الأكثر دقة و الأكثر انتشارا في الوقت الحالي.

يتم إنشاء الخريطة الكنتورية بناءا علي قياسات مساحية ميدانية تحدد قيم الارتفاعات لسطح الأرض عن طريق استخدام الأجهزة المساحية الأرضية (مثل الميزان) أو الأجهزة المساحية المعتمدة علي تقنيات الأقمار الصناعية (مثل تقنية النظام العالمي لتحديد المواقع المعروف باسم الجي بي أس)، كما يمكن أيضا استخدام الصور الجوية و المرئيات الفضائية (صور الأًقمار الصناعية) لإنشاء الخرائط الكنتورية.

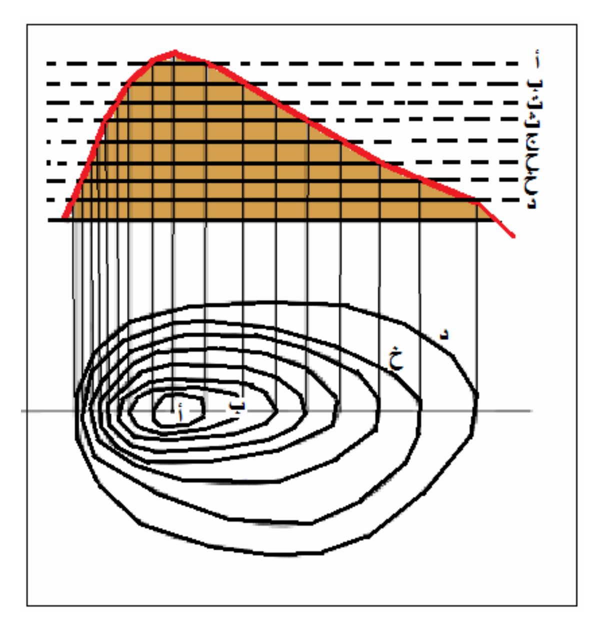
## ١٠-٢ خطوط الكنتور

### ١٠-٢-١ مفهوم خطوط الكنتور

الكنتور هو خط وهمي (تخيلي) يصل بين جميع النقاط التي لها نفس الارتفاع. وحيث أن الارتفاعات علي سطح الأرض يتم قياسها بدءا من متوسط سطح البحر ويطلق عليها اسم المناسيب، فيمكن تعريف الكنتور بأنه الخط الوهمي الواصل بين النقاط التي لها نفس المنسوب.

يمكن أن نتخيل خطوط الكنتور علي أنها المقاطع الناتجة عن قطع سطح الأرض ببعض المستويات الأفقية مختلفة الارتفاع. فإذا نظرنا للشكل التالي الذي يمثل جبل كأحد تضاريس سطح الأرض، ثم قمنا بتمرير مستوي أفقي "أ" في الشكل العلوي ليقطع هذا الجبل عند قمته، فأن شكل المقطع (تقاطع هذا المستوي مع الجبل) سيكون خط أو منحني صغير المساحة كما يظهر في الشكل السفلي. ونلاحظ أيضا أن قيمة ارتفاع (أو منسوب) أي نقطة علي هذا الخط

ستكون هي نفس القيمة لباقي النقاط حيث أن هذا الخط هو مقطع للمستوي الأفقي. الآن نتخيل أن لدينا مستوي أفقي آخر "ب" سيقطع نفس الجبل لكن علي ارتفاع أقل من ارتفاع المستوي السابق، فسيكون المقطع أيضا خط منحني لكنه أكبر مساحة من مساحة المقطع السابق. وهكذا لباقي المستويات الأفقية التي ستقطع هذا الجبل ليتكون لدينا عدة مقاطع أو قطاعات (في الشكل السفلي) هي ما نطلق عليها خطوط الكنتور. فإذا عرفنا قيمة الارتفاع (أو المنسوب) لكل مستوي من هذه المستويات الأفقية وهو نفس قيمة الارتفاع لخطوط الكنتور (القطاعات) الناتجة، فسيكون لدينا - من خطوط الكنتور - صورة واضحة أن تضاريس الأرض في هذه المنطقة عبارة عن جبل.




**شكل (١٠-١) مفهوم خطوط الكنتور**

## <u>١٠-٢-٢ خصائص خطوط الكنتور</u>

تكتب قيمة المنسوب (الارتفاع) الذي يمثله كل خط كنتور علي الخط نفسه علي الخريطة الكنتورية. وتكون الفترة الكنتورية (أو الفاصل الكنتوري) هي قيمة الفرق بين منسوب أي خط كنتور و الخط التالي له، فمثلا عندما نقول أن الفترة الكنتورية تساوي ١٠ أمتار، فأن هذا يدل علي وجود خطوط كنتور كل ١٠ أمتار مثل خطوط ٢٠، ٣٠، ٤٠، ٥٠ ...الي ٩٠ متر في الشكل التالي أ. والفترة الكنتورية تكون فترة <u>ثابتة</u> لنفس الخريطة.

وتختلف قيمة الفترة الكنتورية علي الخرائط طبقا لاختلاف مقياس رسمها و أيضا طبيعة التضاريس في المنطقة الجغرافية. ففي خرائط المملكة العربية السعودية ذات مقياس

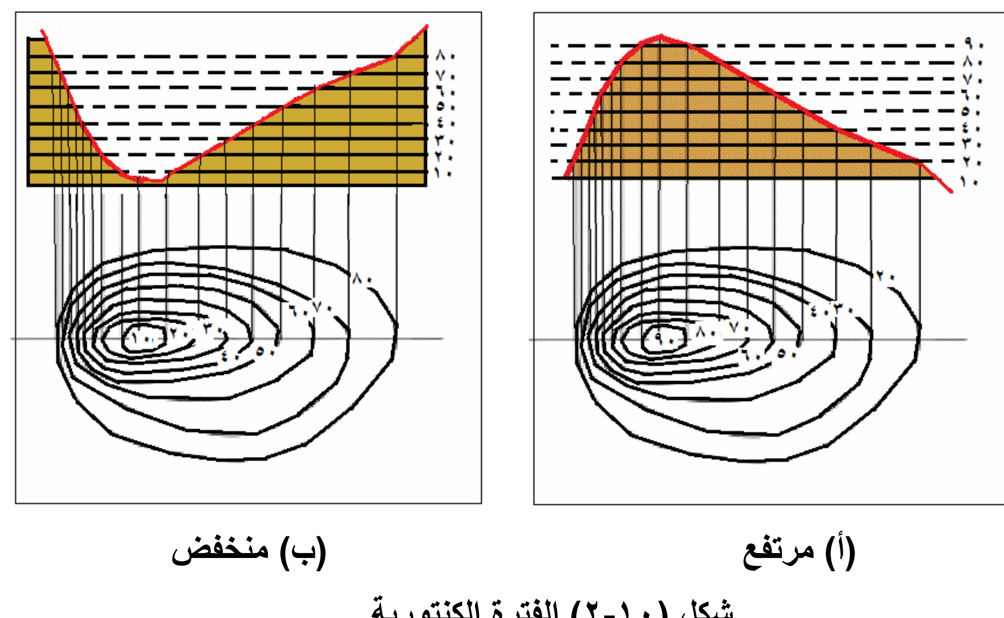
الرسم ١ : ٥٠٠،٠٠٠ يتم رسم خطوط الكنتور الأساسية كل ١٠٠ متر مع رسم خطوط إضافية كل ٥٠ متر، بينما في الخرائط من مقياس الرسم ١ : ٥٠،٠٠٠ فتكون الفترة الكنتورية ١٠ متر للمناطق المنبسطة و ٢٠ متر للمناطق شديدة التضرس. و الجدول التالي يقدم مثالا لمواصفات الفترة الكنتورية وارتباطها بمقياس رسم الخريطة.

| مقياس الرسم | طبيعة التضاريس | الفترة الكنتورية (متر) |
|---|---|---|
| مقاييس كبيرة | منبسطة | ٠.١ - ٠.٥ |
| | متوسطة التضرس | ٠.٣ - ١.٠ |
| | شديدة التضرس | ٠.٥ - ٢.٠ |
| مقاييس متوسطة | منبسطة | ١ - ٣ |
| | متوسطة التضرس | ١.٥ - ٣ |
| | شديدة التضرس | ٣ - ٦ |
| مقاييس صغيرة | منبسطة | ١ - ٥ |
| | متوسطة التضرس | ٣ - ١٠ |
| | شديدة التضرس | ١٠- ٢٠ |
| | جبلية | ٢٠- ١٠٠ |

تتميز خطوط الكنتور بعدة خصائص تشمل:

- لا تتقابل أو لا تتقاطع خطوط الكنتور مختلفة المنسوب (إلا في حالة الكهوف).
- لا يتفرع خط الكنتور الي خطين.
- خطوط الكنتور خطوط مغلقة و ليست مفتوحة، فان وجد خط كنتور مفتوح في خريطة فهذا يدل علي أنه ممتد لمنطقة أخري مجاورة.
- كلما زادت قيمة خطوط الكنتور للداخل في حلقات كنتورية دل ذلك وجود قمم جبلية (أنظر الشكل أ).
- كلما زادت قيمة خطوط الكنتور للخارج في حلقات كنتورية دل ذلك وجود منخفضات (أنظر الشكل ب).
- كلما زادت المسافة الأفقية بين خطوط الكنتور كلما كانت الأرض منبسطة أو أفقية.

- كلما قلت المسافة الأفقية بين خطوط الكنتور كلما كانت الأرض متغيرة التضاريس بشدة.
- تتلامس (أو تتطابق) خطوط الكنتور فوق بعضها البعض في حالة وجود منحدر رأسي تماما.
- الخط الدال علي الانحدار يكون عموديا علي خط الكنتور.



**(أ) مرتفع** **(ب) منخفض**

**شكل (١٠-٢) الفترة الكنتورية**

## ١٠-٢-٣ خطوط الكنتور والانحدارات

من أهم تطبيقات الخريطة الكنتورية دراسة أنواع و معدلان انحدار سطح الأرض في منطقة جغرافية محددة. فمن خصائص خطوط الكنتور يمكن التمييز بين الأنواع التالية من الانحدارات:

(أ) انحدار شديد:

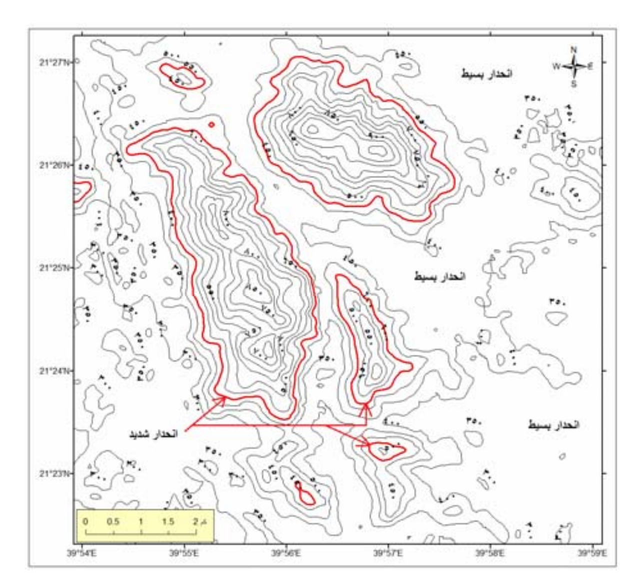
يظهر عندما تتقارب خطوط الكنتور من بعضها البعض بشدة بحيث تكون المسافة الأفقية الفاصلة بينهم صغيرة جدا، فإذا تلامست خطوط الكنتور دل ذلك علي وجود انحدار رأسي (جرف). ويكون الانحدار شديدا إذا كان في حدود من ٥٠ الي ٦٠ متر رأسيا لكل ١٠٠ متر أفقيا ويدل علي المناطق الجبلية.

(ب) انحدار بسيط:

يظهر عندما تتباعد خطوط الكنتور عن بعضها البعض وتكون المسافة الأفقية الفاصلة بينهم كبيرة. ويكون الانحدار بسيطا إذا كان في حدود من ١ الي ٤ أمتار رأسيا لكل ١٠٠ متر أفقيا ويدل علي المناطق المنبسطة.

(ج) انحدار متوسط:

يظهر عندما تكون المسافة الأفقية الفاصلة بين خطوط الكنتور مسافة متوسطة.

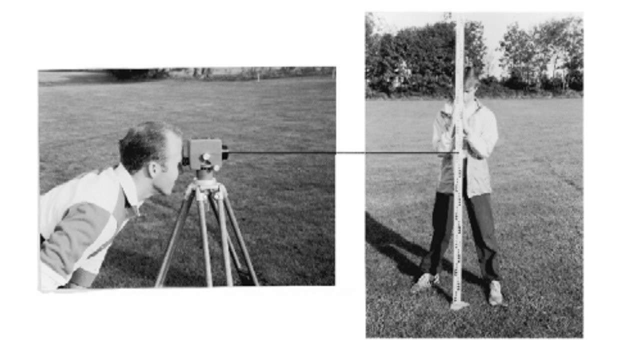


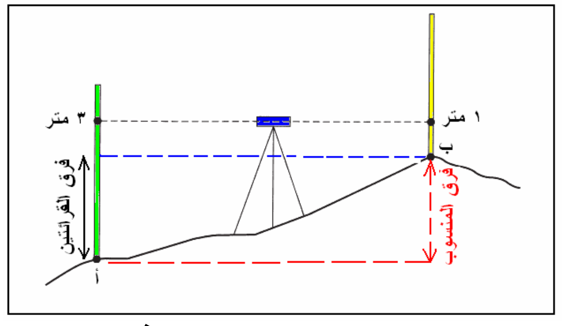
**شكل (١٠-٣) خطوط الكنتور و الانحدارات في مشعر مني بمكة المكرمة**

## ١٠-٣ عمل الخريطة الكنتورية

يتم رسم خطوط الكنتور علي الخريطة الكنتورية من خلال قياس مناسيب (أي ارتفاعات) بعض النقاط علي سطح الأرض مع معرفة الإحداثيات الأفقية لهم، وذلك من خلال تقنيات و أجهزة المساحة سواء المساحة الأرضية أو المساحة الجوية أو مساحة الأقمار الصناعية. وتوجد عدة أساليب ميدانية لقياس المناسيب في منطقة معينة تعتمد علي مساحة المنطقة و شكلها و طبيعة تضاريسها، ومن هذه الطرق الميدانية طريقة المربعات و طريقة المحاور و طريقة النقاط المنتظمة المسافة و طريقة النقاط المبعثرة.

تعد طريقة الميزانية الشبكية أسهل و أبسط طرق قياس مناسيب النقاط علي سطح الأرض و خاصة للمناطق الصغيرة والتي تتميز بتضاريس منبسطة أو معتدلة بصورة عامة. وفي هذه الطريقة يتم استخدام جهاز مساحي يسمي جهاز الميزان لقياس فرق المنسوب (فرق الارتفاع) بين نقطتين من خلال وضع مسطرة رأسية مدرجة (تسمي القامة) علي كل نقطة وأخذ قراءة الميزان علي كلاهما لحساب فرق المنسوب بينهما. وبمعرفة منسوب أول نقطة (أي ارتفاعها فوق متوسط سطح البحر) يمكن حساب منسوب النقطة الثانية.

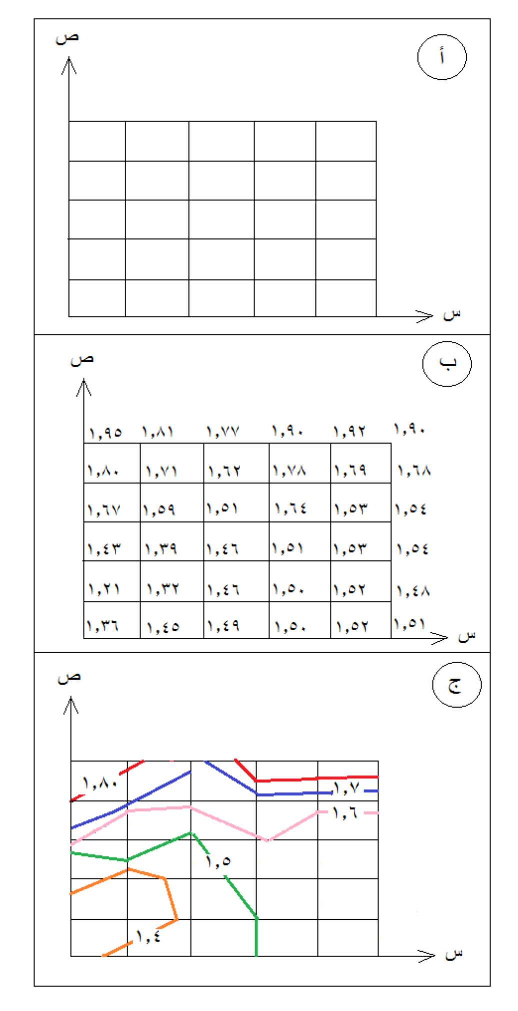





**شكل (١٠-٤) جهاز الميزان لقياس فرق المنسوب**

تبدأ طريقة الميزانية الشبكية برسم شبكة من المربعات (أو المستطيلات) المتساوية علي الأرض في منطقة الدراسة (الشكل أ)، ومن ثم فأن الإحداثيات الأفقية س ، ص لكل رؤوس هذه المربعات تكون معلومة من خلال معرفة طول ضلع المربع الواحد. ويعتمد اختيار طول ضلع مربعات الشبكة علي مساحة المنطقة و علي الدقة المطلوبة و قيمة الفترة الكنتورية المطلوبة أيضا. وفي الخطوة الثانية يتم استخدام جهاز الميزان لتحديد قيمة المنسوب عند كل رأس من رؤوس مربعات الشبكة (الشكل ب).

يبدأ العمل المكتبي برسم الشبكة طبقا لمقياس رسم الخريطة المطلوبة، ثم تكتب قيم مناسيب رؤوس المربعات علي الورقة. وبعد ذلك يتم استنباط موقع كل خط كنتور مطلوب (طبقا للفترة الكنتورية المنشودة) علي مربعات الشبكة من خلال النسبة و التناسب. وفي الخطوة الأخيرة (الشكل ج) يتم توصيل النقاط التي لها نفس المنسوب لرسم خطوط الكنتور.




**شكل (١٠-٥) طريقة المربعات لإنشاء خطوط الكنتور**

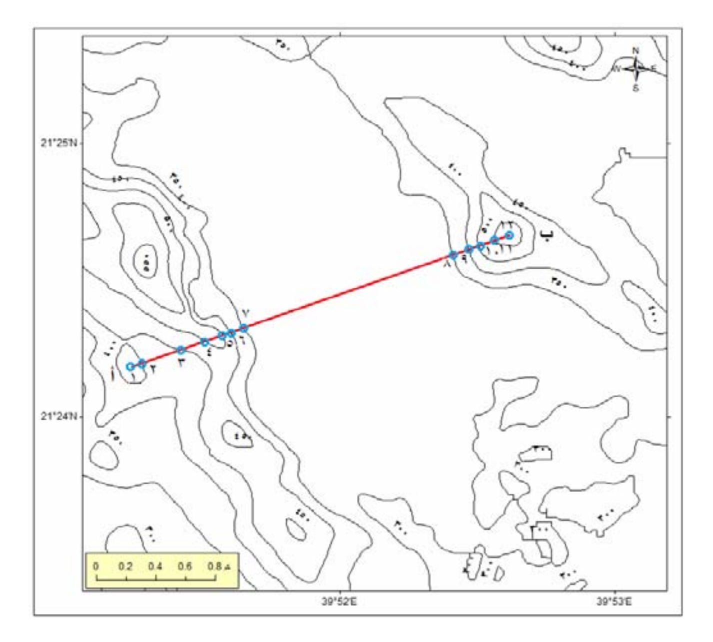
وتجدر الإشارة لوجود برامج حاسوبية متخصصة في إنشاء الخرائط الكنتورية مثل برنامج السيرفر Surfer وبرنامج الجلوبال مابر Global Mapper، كما أن كل برامج تقنية نظم المعلومات الجغرافية تضم مكونات أو برامج فرعية لإنشاء خطوط الكنتور.

## ١٠-٤ عمل القطاعات من الخريطة الكنتورية

يعد تطوير القطاعات التضاريسية من أهم تطبيقات الخرائط الكنتورية سواء في المجالات الجغرافية أو الهندسية. فالقطاع التضاريسي هو خط بياني يمثل تغيرات تضاريس سطح الأرض، ومن ثم فالقطاع يعطي صورة سريعة و مبسطة و دقيقة أيضا عن التضاريس (من منظور جانبي) في اتجاه محدد يسمي خط القطاع. وقد يكون القطاع التضاريس مستقيما (يربط بين نقطتين) أو منحنيا أو متعرجا (يربط بين عدة نقاط).

يتم إنشاء القطاع التضاريسي (المستقيم مثلا) من خلال تحديد الإحداثيات الأفقية للنقطتين المطلوب رسم القطاع بينهما. ثم يتم توقيع هاتين النقطتين علي الخريطة الكنتورية، ثم يرسم خط يصل بينهما. يتم تحديد تقاطع هذا الخط مع كل خط كنتور علي الخريطة (الشكل أ)، ويتم قياس المسافة من بداية الخط (القطاع) لكل نقطة تقاطع من هذه النقاط. ثم يتم تحويل هذه المسافات من الخريطة الي القيم المناظرة لها علي الطبيعة باستخدام مقياس رسم الخريطة الكنتورية، وتسجيل هذه البيانات في جدول (الشكل ب).

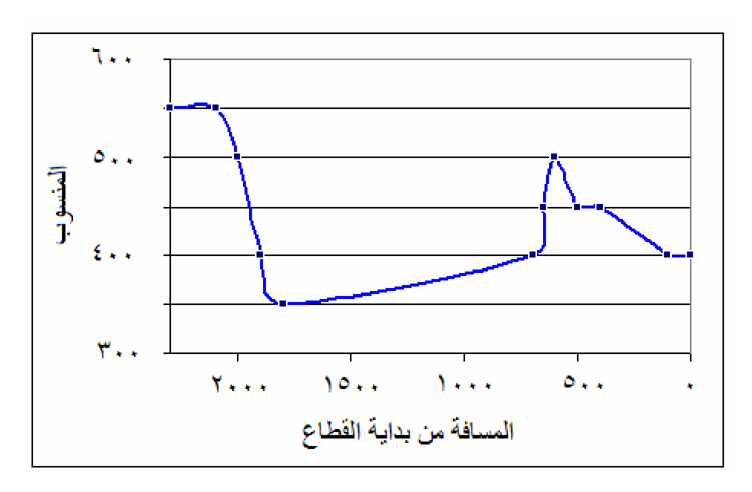
في المرحلة الثانية يتم استخدام ورقة مربعات محددا عليها محورين أحدهما أفقي و الآخر رأسي، ويتم اعتبار المسافات الأفقية هي المحور الأفقي و المناسيب هي المحور الرأسي. ثم يتم توقيع كل نقطة من نقاط القطاع التضاريسي بمعرفة قيمة مسافاتها من بداية القطاع (توقع علي المحور الأفقي) و قيمة خط الكنتور الذي حدث عنده التقاطع (توقع علي المحور الرأسي). وأخيرا يتم توصيل نقاط التقاطعات للحصول علي شكل القطاع التضاريسي في صورته النهائية (الشكل ج).



**(أ) تحديد نقاط القطاع التضاريسي علي الخريطة**

| رقم النقطة | المسافة من بداية القطاع (متر) | المنسوب (متر) |
|---|---|---|
| ١ | ٠ | ٤٠٠ |
| ٢ | ١٠٠ | ٤٠٠ |
| ٣ | ٤٠٠ | ٤٥٠ |
| ٤ | ٥٠٠ | ٤٥٠ |
| ٥ | ٦٠٠ | ٥٠٠ |
| ٦ | ٦٥٠ | ٤٥٠ |
| ٧ | ٧٠٠ | ٤٠٠ |
| ٨ | ١٨٠٠ | ٣٥٠ |
| ٩ | ١٩٠٠ | ٤٠٠ |
| ١٠ | ٢٠٠٠ | ٥٠٠ |
| ١١ | ٢١٠٠ | ٥٥٠ |
| ١٢ | ٢٣٠٠ | ٥٥٠ |

**(ب) القياسات من الخريطة الكنتورية**



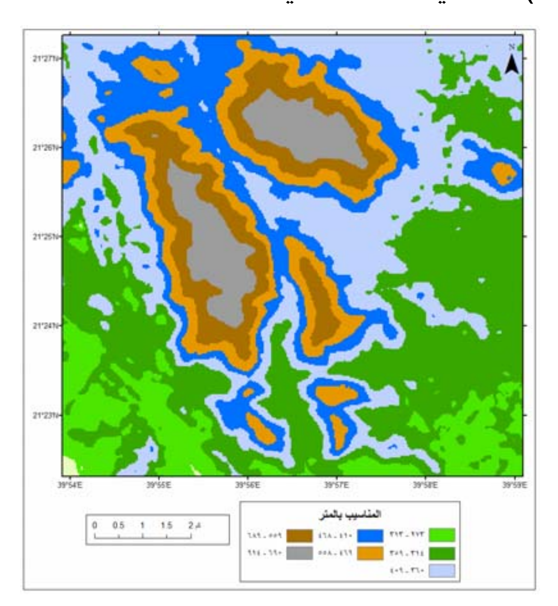

**(ج) رسم القطاع**

**شكل (١٠-٦) القطاعات التضاريسية من الخريطة الكنتورية**

## ١٠-٥ طرق أخرى لتمثيل تضاريس سطح الأرض

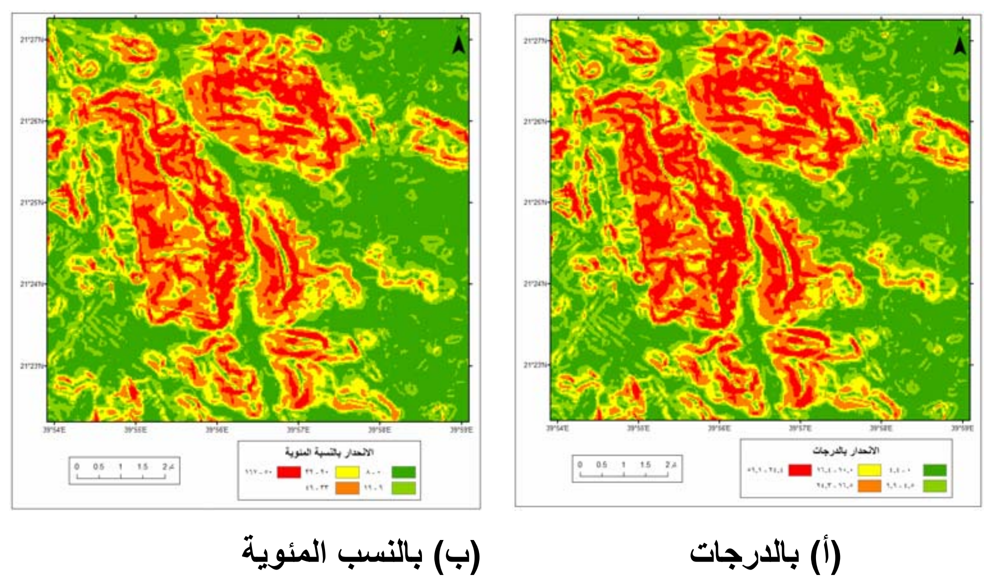
تعد الخريطة الكنتورية أدق طرق تمثيل تضاريس سطح الأرض، إلا أنه توجد طرق وأساليب أخري لبيان طبوغرافية منطقة جغرافية معينة. وتشمل هذه الأساليب علي سبيل المثال خرائط التضاريس و خرائط الانحدارات و خرائط الظلال و خرائط اتجاهات الميول و المجسمات.

مع انتشار ورخص تكلفة طباعة الخرائط الملونة عادت خريطة التضاريس Relief Map للتطبيق الخرائطي، حيث يتم تمثيل طبوغرافية الأرض من خلال تقسيم المناسيب الي فئات أو مجموعات بحيث يتم طباعة كلا منهم بلون مختلف أو حتى بدرجات مختلفة من نفس اللون. وهذه الطريقة كانت مستخدمة منذ أوائل القرن العشرين الميلادي مع استخدام الظلال بدلا من الألوان. وحديثا يتم استخدام هذه الطريقة لتمثيل تضاريس الأرض علي الخرائط صغيرة المقياس والتي لا تسمح برسم عدد كبير من خطوط الكنتور بوضوح تام، بينما فئات التضاريس الملونة ستكون أكثر ايجابية في إعطاء صورة عامة واضحة عن طبوغرافية المنطقة. فعلي سبيل المثال فأن الخريطة الكنتورية الممثلة لتضاريس مشعر مني بمكة المكرمة والموجودة في الشكل (١٠-٣) يمكن تحويلها الي خريطة تضاريس (وتسمي أيضا خريطة السطح Surface Map) كما في الشكل التالي.




**شكل (١٠-٧) خريطة السطح لتضاريس مشعر مني بمكة المكرمة**

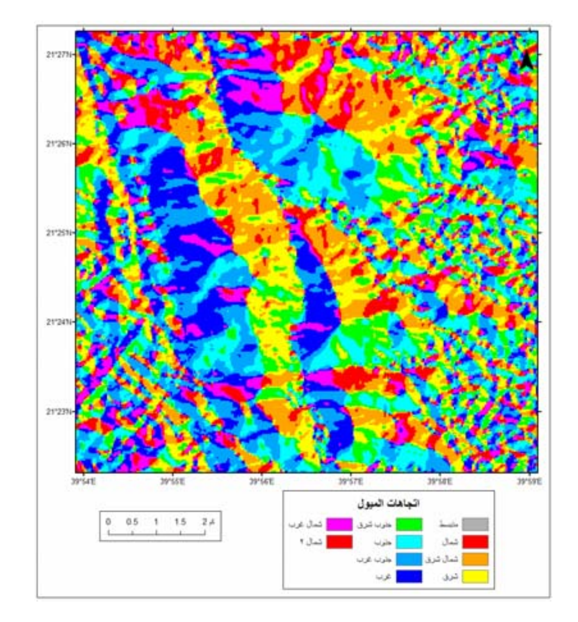
تعد خرائط الانحدار Slope Map أحد طرق تمثيل طبوغرافية سطح الأرض، فبدلا من تمثيل قيم المناسيب ذاتها يتم تمثيل قيم معدلات الانحدار. ويمكن تمثيل الانحدار إما بوحدات الدرجات أو بوحدات النسب المئوية.



(أ) بالدرجات (ب) بالنسب المئوية

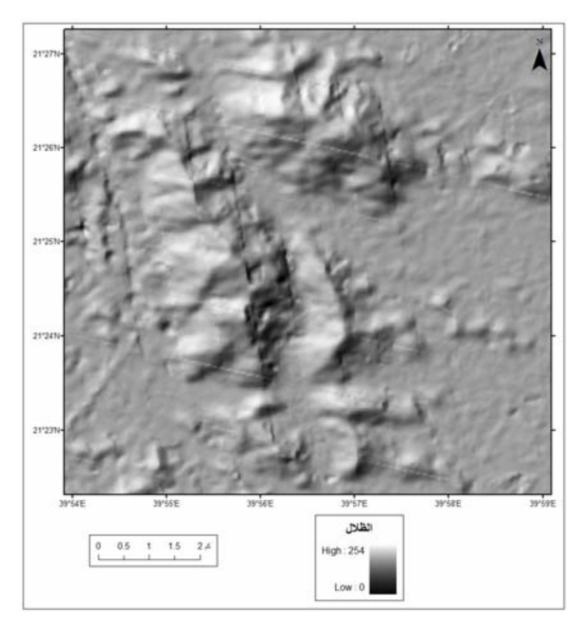
**شكل (١٠-٨) خرائط انحدار الأرض لمشعر مني بمكة المكرمة**

أيضا في بعض التطبيقات يتم استخدام خريطة اتجاهات الميول Aspect Map كأحد طرق التمثيل التضاريسي، حيث تظهر هذه الخريطة فئات اتجاهات ميول سطح الأرض بدلا من قيم الميول ذاتها.



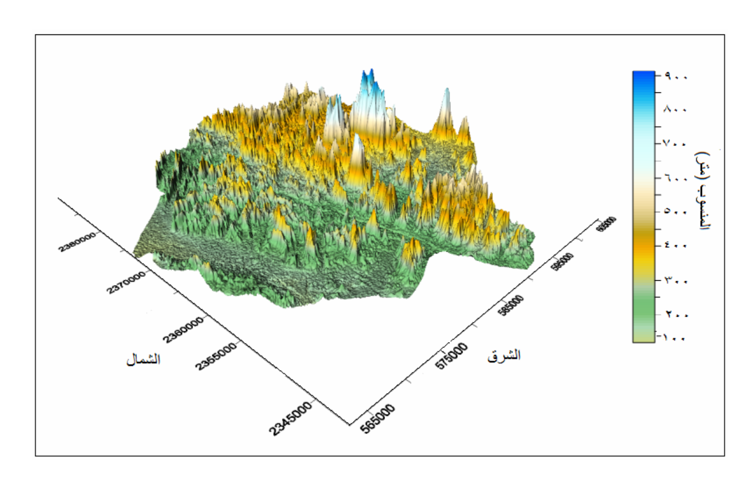
**شكل (١٠-٩) خريطة اتجاهات الميول لمشعر مني بمكة المكرمة**

كما تستخدم خريطة الظلال Hill shade Map كأحد الخرائط التضاريسية حيث تتميز بأنها تجسم طبوغرافية المنطقة الجغرافية بصورة بصرية أقرب للواقع خاصة لمستخدمي الخرائط غير المتخصصين.



**شكل (١٠-١٠) خريطة الظلال لمشعر مني بمكة المكرمة**

كذلك فأن المجسمات ثلاثية الأبعاد يمكنها تمثيل تضاريس سطح الأرض بصورة أفضل و أكثر جمالية لبيان الوضع العام لتضاريس منطقة جغرافية بأبعادها الثلاثة.




**شكل (١٠-١١) مجسم ثلاثي الأبعاد لتضاريس مدينة مكة المكرمة**

# الفصل الحادي عشر
# مدخل الى الخرائط الرقمية

## ١١-١ مقدمة

مع مطلع القرن العشرين الميلادي بدأ العلماء في محاولات ابتكار جهاز الكتروني يمكنه القيام بالعمليات الحسابية بدقة و بسرعة تعادل آلاف المرات من قدرة الإنسان، و في عام ١٩٥٢ (١٣٧١ هـ) تم ابتكار أول حاسب الي الكتروني بواسطة شركة أي بي أم الأمريكية. وكان هذا التاريخ بداية انطلاق ثورة علمية و تقنية هائلة في جميع المجالات والتخصصات مازالت مستمرة حتى يومنا هذا. ولم يكن الجغرافيين و الكارتوجرافيين ببعيد عن الاستفادة من هذه الأجهزة التقنية الجديدة منذ ابتكارها، ففي عام ١٩٦٤ (١٣٨٣ هـ) بدأ في كندا مشروع ضخم لتحويل الخرائط الورقية المطبوعة الي خرائط رقمية أو الكترونية مما يسمح بتخزينها و تحليلها و الاستفادة منها علي أجهزة الحاسوب. ومن هنا بدأ ما يسمي بالكارتوجرافيا الرقمية أو الكارتوجرافيا الالكترونية.

## ١١-٢ الحاسب الآلي:

يقوم الكمبيوتر – بصفة عامة - بثلاثة عمليات وهي إدخال البيانات و معالجة البيانات و إخراج البيانات للمستخدم. من الممكن القول أن الكمبيوتر يتكون من جزأين أساسيين: (١) الكيان المادي أو الأجهزة المادية أو العتاد و (٢) الكيان المعنوي أو البرامج أو البرمجيات. وتنقسم البرامج إلي ثلاثة أنواع:

نظم التشغيل:

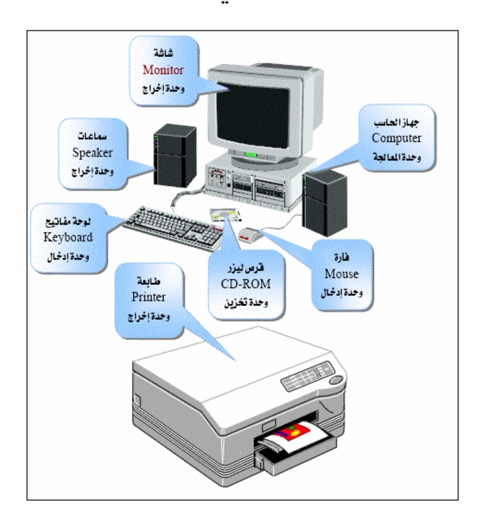
البرنامج الذي يقوم بالتنظيم و الإشراف علي مكونات أو وحدات الكمبيوتر من إدخال و معالجة و إخراج. وهو البرنامج الرئيسي أو الوسيط بين الكمبيوتر و المستخدم، حيث أن المستخدم لا يفهم لغة الحاسب (لغة الآلة) والحاسب لا يفهم لغة الإنسان. من أشهر برامج التشغيل المستخدمة الآن نظام النوافذ ونظام اليونكس.

برامج تطبيقية :

برامج يتم تصميمها لأداء وظائف معينة في العديد من المجالات التطبيقية التي تحتاجها الشركات و المؤسسات و الأفراد، ثم يقوم مصمموها ببيعها بصورة تجارية. فعلي سبيل المثال لكي ترسم خريطة رقمية ستحتاج لبرنامج متخصص في الرسم و الخرائط، ولكي تكتب تقريرا ستحتاج لبرنامج متخصص في الكتابة.

<u>لغات البرمجة:</u>

برامج تجعل المستخدم قادرا علي كتابة مجموعة من الأوامر (برموز خاصة) لكي يقوم الكمبيوتر بتنفيذها بصورة أليه مهما كان حجم البيانات أو عدد الخطوات الرياضية المطلوبة. من لغات البرمجة الشائعة لغات الفورتران و السي و الفيجوال باسيك.




**شكل (١١-١) الكمبيوتر**

**<u>مكونات الكمبيوتر الأساسية:</u>**

يتكون أي جهاز كمبيوتر من عدد من المكونات الأساسية تشمل:

<u>(أ) اللوحة الأم:</u>

أهم أجزاء الكمبيوتر فهي اللوحة الرئيسية للجهاز والتي تضم جميع أجزاؤه وتحتوي أماكن تركيب البطاقات الالكترونية المسئولة عن التعامل مع البيانات وأيضا مكان المعالج الذي يعد عقل الكمبيوتر بالإضافة لأماكن الذاكرة.

<u>(ب) مصدر أو محول الطاقة:</u>

هو الجزء الذي يقوم بتحويل الطاقة الكهربائية من مصدرها الأساسي إلي طاقة مناسبة (من حيث التردد و القوة) لتشغيل جهاز الكمبيوتر. ولهذا الجزء دور أساسي في حماية الكمبيوتر ذاته إذا زادت فجأة قوة التيار الكهربائي الداخل للكمبيوتر.

<u>(ت) وحدة المعالجة المركزية:</u>

وتسمي اختصارا السي بي يو وتسمي أيضا المعالج وهي التي تعد العقل المفكر في الكمبيوتر. تقاس كفاءة المعالج – في المقام الأول - بمقدار سرعته في تنفيذ العمليات الحسابية و الأوامر، فمعالج سرعته ٢.٨ جيجا هرتز (جيجا = ألف مليون ، هرتز = التردد أو معالجة جزء معين من البيانات في الثانية الواحدة) سيكون أكثر كفاءة من معالج آخر سرعته ٢.٢ جيجا

هرتز فقط. كما تؤثر أيضا علي كفاءة المعالج الجزء المعروف باسم "الذاكرة المخبأة" وهو جزء من الذاكرة مسئول عن سرعة الوصول إلي المعلومات داخل المعالج.

(ث) الذاكرة:

الشريحة الالكترونية التي يتم فيها تخزين البيانات – بصورة مؤقتة - أثناء عمليات المعالجة و الحساب، ومنها ما هو ثابت علي اللوحة الأم (لا يمكن تغييره) و منها ما هو منفصل يمكن تغييره واستبداله في حالة الرغبة في زيادة سعته. تعد الذاكرة من أهم أجزاء الكمبيوتر وأكثرها تأثيرا علي أداء الجهاز بصفة عامة. كما تجدر الإشارة إلي أن الذاكرة تفقد ما بها من بيانات في حالة انقطاع التيار الكهربائي عنها، ومن هنا فأنها تسمي الذاكرة العشوائية. تقاس سعة الذاكرة بعدد ما يمكن أن تحمله من بيانات، فنقول مثلا ذاكرة سعتها ٤ جيجابايت أي تستطيع تخزين ٤ مليار معلومة (جيجا = مليار، ميجا = مليون، كيلو = ألف).

(ج) القرص الصلب:

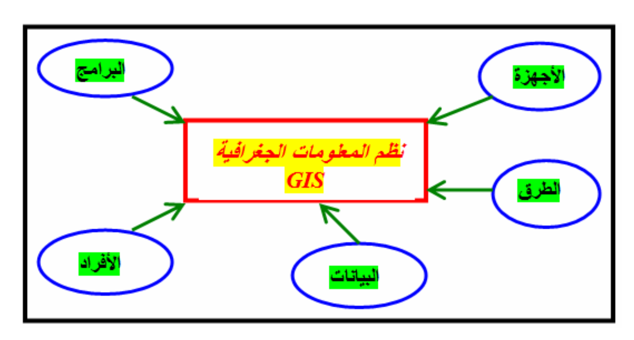
وحدة التخزين الرئيسية أو جزء الكمبيوتر الذي يتم به تخزين البيانات بصورة دائمة. أصبحت الأقراص الصلبة الآن ذات قدرة تخزينية عالية تتراوح بين ٣٢٠ جيجا بايت و ٢ تيرا بايت (تيرا – ألف مليار)، كما انخفضت أسعارها بدرجة كبيرة.

(ح) كارت الفيديو:

تعد بطاقة الفيديو أو كارت عرض الصور علي الشاشة من الأجزاء الهامة في جهاز الكمبيوتر من وجهة نظر المشتغلين بالخرائط الرقمية و نظم المعلومات الجغرافية. كارت الفيديو هو المسئول عن إخراج الصورة من الكمبيوتر إلي الشاشة للمستخدم. فكما أشرنا في الفصل السابق فأن الصور الممسوحة ضوئيا وكذلك الصور الجوية و مرئيات الاستشعار عن بعد تعتمد في جوهرها علي مبدأ الخلية والتي كلما صغر حجمها كلما زادت قدرة التمييز المكاني، فأن كارت الفيديو أيضا يعتمد علي نفس الأسلوب. يتكون كارت الفيديو داخليا من معالج خاص بالرسوم و الصور وذاكرة خاصة به أيضا (بخلاف الذاكرة الرئيسية للكمبيوتر). كلما زادت سعة الذاكرة الخاصة بكارت الفيديو كلما كان الكارت أكثر كفاءة في عرض تفاصيل الصور بوضوح علي الشاشة.

## ١١-٣ مكونات نظم الخرائط الرقمية

يتكون نظام الخرائط الرقمية من خمسة مكونات أساسية تشمل البيانات و الأجهزة و البرامج والطرق والأفراد.




**شكل (١١-٢) مكونات نظم الخرائط الرقمية**

تنقسم البيانات إلي: (١) بيانات مكانية تعبر عن مواقع (إحداثيات) الظواهر المكانية و (٢) بيانات غير مكانية أو بيانات وصفية والتي تشمل كافة البيانات المتعلقة بالموقع بخلاف إحداثياته. فمثلا عند إنشاء خريطة رقمية للمدارس في مدينة ما فأن البيانات المطلوبة ستتكون من إحداثيات موقع كل مدرسة (بيانات مكانية) و البيانات الوصفية لكل مدرسة مثل أسمها و مرحلتها الدراسية وعدد طلابها و عدد معلميها .... الخ. يتم الحصول علي البيانات المكانية من خلال عدد من الوسائل تشمل: الرفع المساحي الأرضي ، قياسات النظام العالمي لتحديد المواقع GPS ، الخرائط الورقية والمخططات الهندسية المتوفرة للمنطقة ، الصور الجوية و المرئيات الفضائية. بينما يتم الحصول علي البيانات الوصفية (غير المكانية) من عدة مصادر مثل: الخرائط المطبوعة، الصور الجوية و المرئيات الفضائية ، الإحصائيات و التقارير الحكومية، الوسائط المتعددة من أفلام و صور فوتوغرافية ، الزيارات الميدانية.

تتطلب نظم الخرائط الرقمية عددا من الأفراد المدربون تقنيا علي استخدام الأجهزة و البرامج بكفاءة. تتعدد وظائف فريق العمل لتشمل: مدخل بيانات، مرقم أو راسم خرائط، مبرمج نظم، محلل نظم، مدير قواعد بيانات، مدير نظام معلومات جغرافي. أي أن نظام المعلومات الجغرافية يحتاج عددا من التخصصات التي تشمل مهندسي المساحة والجغرافيون ومبرمجي الحاسبات الآلية ومتخصصي قواعد البيانات الرقمية.

أما مصطلح الطرق أو المناهج - المستخدم كأحد مكونات نظم الخرائط الرقمية - فيعود إلي الأعمال النظامية المتعلقة بادرة و تطوير النظام والتي لا تتعلق بالجانب التقني له. تشمل الطرق إدارة المشروعات وتدريب الموارد البشرية و الجوانب المالية و القانونية المتعلقة بالنظام.

تشمل الأجهزة أو العتاد اللازمة لنظم الخرائط الرقمية: (١) أجهزة الحاسبات، (٢) أجهزة إدخال، (٣) أجهزة إخراج. تتعدد أجهزة الحاسبات بين أجهزة حاسبات شخصية أو أجهزة محطات العمل ذات المواصفات و القدرات التقنية العالية من حيث سرعة المعالجات و قدرات التخزين.

تشمل أجهزة إدخال البيانات عدة أنواع منها:

- لوحة المفاتيح
- الفارة أو الماوس
- الفلاش والأقراص المدمجة
- القلم الضوئي
- الكاميرا الرقمية
- الميكروفون
- أجهزة المساحة سواء الأرضية أو الجيوديسية (مثل الميزان الرقمي و الثيودليت الرقمي و المحطة الشاملة و أجهزة الجي بي أس) التي تتصل مباشرة بالحاسب الآلي ومن ثم تفريغ كل القياسات الحقلية مباشرة للكمبيوتر.
- طاولة الترقيم أو المرقم: لوحة تشبه لوحة الرسم لكنها تحتوي علي شبكة الكترونية أسفلها بحيث تمثل شبكة إحداثيات (س،ص) تغطي الطاولة، بالإضافة للمرقم وهو فأرة أو ماوس من نوع خاص متصل بالطاولة إما سلكيا أو لاسلكيا وتكون طاولة الترقيم متصلة بالحاسب الآلي بكابل. تعتمد فكرة عمل طاولة الترقيم علي استشعار موقع المرقم بالنسبة للطاولة وتحديد إحداثياته ونقلها إلي الحاسب الآلي. إذا تم وضع خريطة علي طاولة الترقيم (نتخيل أننا وضعنا شفافة فوق الخريطة) فأننا نستخدم المرقم كما لو كان قلم رصاص (أو مرسمه) لرسم نسخة من الخريطة. يتم نقل إحداثيات كل نقطة يمر عليها المرقم – من خلال الضغط علي زر من مفاتيح المرقم – إلي الحاسب الآلي،

وتستمر هذه العملية إلي أن يتم رسم كافة تفاصيل المعالم الموجودة علي الخريطة الأصلية ومن ثم نحصل علي نسخة الكترونية أو رقمية منها. قد تكون طاولة الترقيم صغيرة الحجم لترقيم الخرائط الصغيرة أو قد تكون طاولة كبيرة لترقيم الخرائط الكبيرة.

- الماسح الضوئي: جهاز يشبه آلة تصوير المستندات من حيث أنه يغطي الخريطة بأشعة ضوئية لنسخها لكنه يرسل النتيجة إلي الحاسب الآلي وليس طباعتها علي الورق. تعتمد فكرة عمل المرقم علي تسجيل الانعكاس الضوئي من الخريطة الأصلية وإرسال هذه القيم للحاسب الآلي ليستطيع ترجمتها وتجميعها ليكون نسخة رقمية من الخريطة الأصلية. توجد عدة أنواع من الماسحات الضوئية تختلف من حيث الحجم و الإمكانيات التقنية. بعض الماسحات تستطيع التفرقة بين الظواهر المرسومة علي الخريطة الأصلية (من اختلاف انعكاسها الضوئي بكل دقة) ومن ثم يمكنها رسم الخريطة الرقمية مكونة من عدد من الظاهرات (خطوط و مضلعات و نقاط)، لكن هذا النوع من الماسحات الضوئية مرتفع الثمن جدا. أما المسحات الضوئية البسيطة تقنيا ورخيصة الثمن فهي لا تستطيع التفرقة بين قيم الانعكاس الضوئي بدقة عالية وبالتالي فهي تكون صورة من الخريطة الأصلية لكنها لا تفرق بين نوع ظاهرة وأخري علي الخريطة (أي أنها كما لو كانت مجرد صورة فوتوغرافية من الخريطة الأصلية). أما من حيث الحجم فتوجد ماسحات ضوئية صغيرة ورخيصة لمسح الخرائط الصغيرة كما توجد ماسحات ضوئية كبيرة الحجم للخرائط الكبيرة.




**شكل (١١-٣) بعض أجهزة إدخال البيانات في نظم الخرائط الرقمية**

أيضا تتعدد أجهزة إخراج البيانات في نظم المعلومات الجغرافية وتشمل:

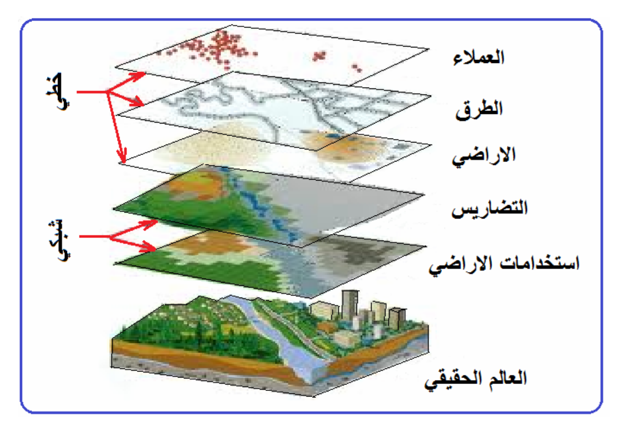
- الشاشة
- السماعات
- الفلاش والأقراص المدمجة
- الطابعات
- الراسمات (طابعات الخرائط)




**شكل (١١-٤) بعض أجهزة إخراج البيانات في نظم الخرائط الرقمية**

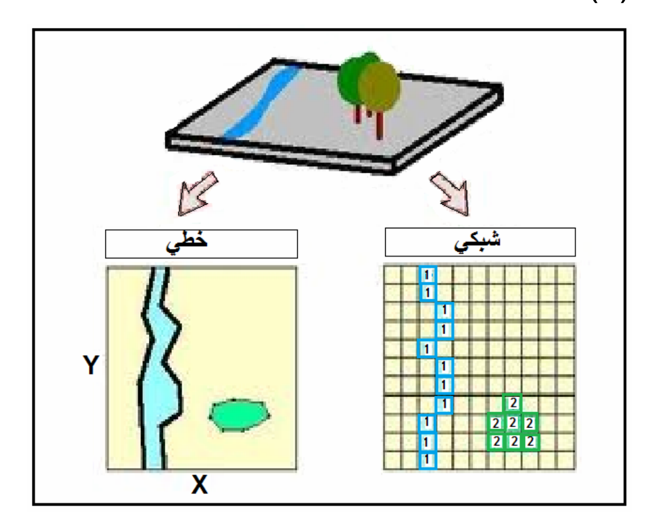
## <u>١١-٤ تمثيل البيانات فى نظم الخرائط الرقمية</u>

يقوم نظام الخرائط الرقمية بتمثيل الظاهرات الموجودة في بقعة معينة من سطح الأرض من خلال عدة ملفات أو ما يعرف باسط الطبقات. تكون كل طبقة ممثلة لنوع محدد من الظاهرات الجغرافية، فعلي سبيل المثال عند تمثيل حي من أحياء مدينة معينة فأننا نقوم برسم الشوارع في طبقة و المباني السكنية في طبقة ثانية و الأشجار في طبقة ثالثة .... الخ ، فإذا قمنا بعرض كل هذه الطبقات علي الشاشة في نفس الوقت فأننا نحصل علي تمثيل للواقع الحقيقي الموجود في هذه المنطقة.



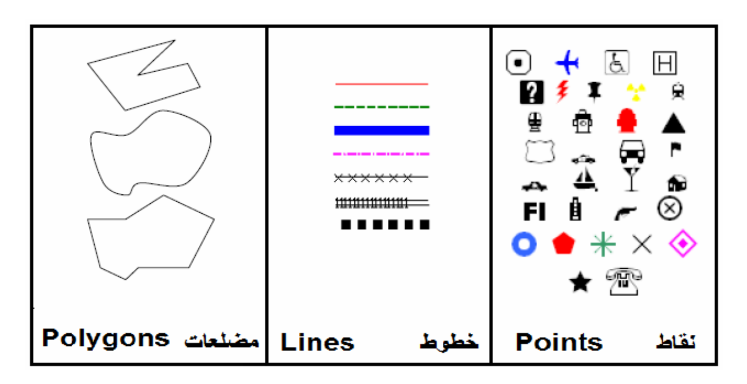

**شكل (١١-٥) تمثيل البيانات في نظم الخرائط الرقمية**

يتم تمثيل البيانات في نظم المعلومات الجغرافية من خلال نموذجين: (١) البيانات الخطية أو الاتجاهية، (٢) البيانات الشبكية أو الخلوية.



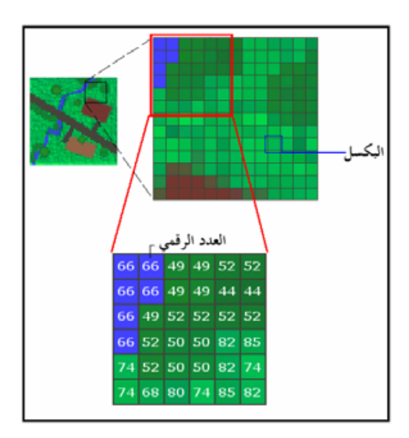

**شكل (١١-٦) أنواع البيانات في نظم الخرائط الرقمية**

نموذج البيانات الخطية هو تمثيل كافة ظاهرات طبقة من خلال سلسلة متتابعة من الإحداثيات كما في الخريطة الورقية. فالنقطة عبارة عن إحداثيين س،ص لموقع محدد وليس لها مساحة أو بعد، بينما الخط عبارة عن سلسلة من النقاط المحددة الإحداثيات وله بعد (طول) وليس له مساحة، بينما المضلع عبارة عن ظاهرة معينة تنتشر في مساحة محددة ويحيط بها خط. وبالتالي فأن نموذج البيانات الخطية يتكون من ثلاثة أنواع من طرق تمثيل الظاهرات إما في نقطة أو خط أو مضلع. قد تختلف طريقة تمثيل نفس الظاهرة بناءا علي مقياس الرسم المستخدم وحدود المنطقة الممثلة في الطبقة ، فعلي سبيل المثال فأن كل حي في مدينة معينة سيتم تمثيله كمضلع عند رسم طبقة لتفاصيل هذه المدينة بينما سيتم رسم المدينة كلها كنقطة عند تمثيل الدولة ككل في طبقة.

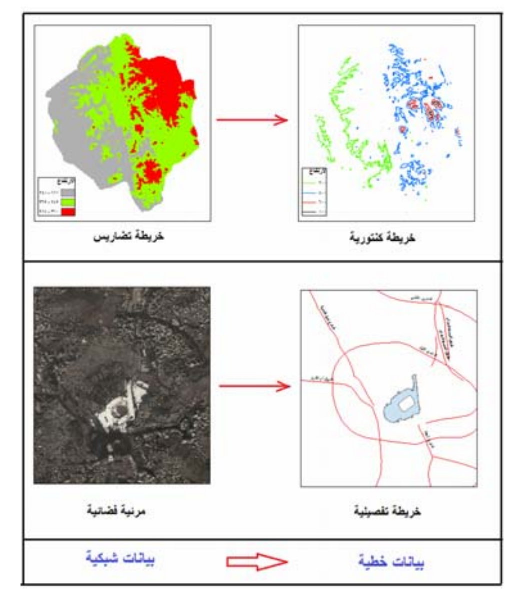



**شكل (١١-٧) النموذج الخطي لتمثيل البيانات في نظم الخرائط الرقمية**

يعتمد نموذج البيانات الشبكية علي فكرة وجود شبكة من المربعات موضوعة علي خريطة ، فإذا انطبق احد المربعات علي نوع معين من الظاهرات فسيحمل هذا المربع رقما يماثل في قيمته كافة نظائره من المربعات التي انطبقت علي نفس الظاهرة. إما إذا انطبق احد مربعات الشبكة علي ظاهرة ثانية في الخريطة فسيحمل هذا المربع رقما ثانيا (مختلفا عن رقم الظاهرة الأولي). وهذه الفكرة تماثل مبدأ التصوير الفوتوغرافي حيث تتكون الصورة من عدد هائل من المربعات متناهية الصغر وتأخذ المربعات لون محدد لتمثيل كل ظاهرة وبالتالي تختلف ألوان الصورة طبقا لاختلاف المظاهر الممثلة عليها. كما سبق الذكر (في الصور الجوية والمرئيات الفضائية) فأن حدود المربع الواحد (أو الخلية) في ملف البيانات الشبكية تحدد دقة الوضوح المكاني أو القدرة التميزية لهذا الملف، فكلما صغر حجم المربع زادت قدرة الوضوح وزادت قدرة تمثيل الظاهرات. يستخدم النموذج الشبكي في الصور الجوية و المرئيات الفضائية بصفة عامة وكذلك في الماسحات الضوئية البسيطة.




**شكل (١١-٨) النموذج الشبكي لتمثيل البيانات في نظم الخرائط الرقمية**




**شكل (١١-٩) التحويل بين أنواع البيانات في نظم الخرائط الرقمية**

## ١١-٥ برامج الخرائط الرقمية

يتوافر بالأسواق الآن عدد كبير من البرامج الحاسوبية المتخصصة في تطوير الخرائط الرقمية بكافة أنواعها. في الثمانينات من القرن العشرين الميلادي (مطلع القرن الخامس عشر الهجري) بدأت برامج حاسوبية في الانتشار وكانت تسمي برامج التصميم باستخدام الكمبيوتر أو اختصارا برامج الكاد، وكانت الفكرة الأساسية لهذه النوعية من البرامج هي الاعتماد علي الكمبيوتر في تصميم و رسم المخططات الهندسية بصفة عامة. ويعد برنامج الأوتوكاد هو أشهر تلك النوعية من البرامج والذي مازال واسع الانتشار حتى الآن خاصة في التطبيقات الهندسية وان كان مستخدما أيضا في إعداد الخرائط بصفة عامة خاصة الخرائط كبيرة مقياس الرسم.

في عام ١٩٦٩م (١٣٨٨ هـ) تم تأسيس شركة معهد البحوث والنظم البيئية المعروفة باسم ايزري في الولايات المتحدة الأمريكية علي يد جاك دينجرموند لتصبح أول شركة خاصة في مجال تطوير برمجيات الخرائط الرقمية و نظم المعلومات الجغرافية (وأشهرهم حتى الآن علي المستوي العالمي). ويعد برنامج أرك جي أي أس من شركة ايزري أشهر برامج الكمبيوتر و أوسعها انتشار في العالم العربي في تطبيقات تطوير الخرائط الرقمية، مع أنه برنامج مخصص لتقنية نظم المعلومات الجغرافية (المعروفة اختصارا باسم الجي أي أس). وتجدر الإشارة الي أن تقنية نظم المعلومات الجغرافية تتشابه في بعض أساسياتها العلمية والأجهزة المستخدمة بها مع الخرائط الرقمية إلا أن هذه التقنية تستخدم في تحليل الخرائط الالكترونية - بعد تطويرها - تحليلا إحصائيا و مكانيا متقدما. وتضم هذه النوعية من البرامج الخرائطية أيضا برنامج جيوميديا وبرنامج ماب انفو. وبالاضافة للبرامج التجارية فتتوافر الآن بعض البرامج المجانية (ما تعرف باسم البرامج مفتوحة المصدر) المستخدمة في تقنيات الخرائط الرقمية و نظم المعلومات الجغرافية مثل برامج جراس، الويس، ماب ويندو.

أيضا تتوافر عدة برامج مخصصة لتطوير الخرائط الكنتورية و القطاعات التضاريسية و المجسمات. ومن أشهر هذه النوعية من البرامج برنامج السيرفر الذي بدأ إطلاقه منذ عام ١٩٨٣ (١٤٠٣ هـ) ومازال ذائع الصيت حتى الآن. ومن هذه البرامج أيضا برنامج الجلوبال مابر.

# المراجع

## المراجع العربية:

إبراهيم، نقولا (١٩٨٢) مساقط الخرائط، منشأة دار المعارف، الإسكندرية.

أبو راضي، فتحي عبد العزيز (١٩٩٨) الجغرافيا العملية و مبادئ الخرائط، دار النهضة العربية، بيروت.

أبو عابد، فدوى عبد الوهاب (٢٠١٢) خرائط رموز الموضع الكمية: دراسة مقارنة في أساليب الإخراج الفني بين الطرق التقليدية و نظم المعلومات الجغرافية، رسالة ماجستير، الجامعة الإسلامية، غزة.

حسين، محمد رشاد الدين مصطفي (١٩٩٥) إسقاط الخرائط، كلية الهندسة، جامعة الإسكندرية، http://cid-0259cb4f889eaeb3.skydrive.live.com/self.aspx/Geodesy%20and%20GPS/Map%20Projection%20Dr%5E_Rashad%20Ar%202.pdf

داود، جمعة محمد (٢٠١٢) مدخل الي الخرائط الرقمية، مكة المكرمة: http://www.academia.edu/1228037/Computer_Mapping_in_Arabic_

داود ، جمعة محمد (٢٠١٢) المرجع الجيوديسي و نظام إحداثيات المملكة العربية السعودية: http://cid-0259cb4f889eaeb3.skydrive.live.com/self.aspx/Geodesy%20and%20GPS/Grids%7C_Datums%20of%20KSA%20AR.pdf

سعادة، جودت أحمد (١٩٩٢) تدريس مهارات الخرائط و نماذج الكرة الأرضية، عمان.

الشرنوبي، محمد عبد الرحمن (١٩٧٠) خرائط التوزيعات البشرية، مكتبة الأنجلو المصرية، القاهرة.

الشريعي، أحمد البدوي محمد (١٩٩٧) الخرائط الجغرافية: تصميم و قراءة و تفسير، دار الفكر العربي، القاهرة.

العيسوي، فايز محمد (٢٠٠٠) خرائط التوزيعات البشرية: أسس و تطبيقات، دار المعرفة الجامعية، الإسكندرية.

قربة، جهاد محمد (٢٠١١) القواعد الأساسية في الكارتوجرافيا الجغرافية و طرق إنشاء و تطوير الرموز في نظم المعلومات الجغرافية ArcGIS :

http://uqu.edu.sa/page/ar/59765

محسوب، محمد سبري و الشريعي، أحمد البدوي (١٩٩٦) الخريطة الكنتورية: قراءة و تحليل، دار الفكر العربي، القاهرة.

المغربي، سعيد (٢٠١١) محاضرات في المساحة و الخرائط، كلية الهندسة، جامعة الأزهر، القاهرة:

http://cid-0259cb4f889eaeb3.skydrive.live.com/browse.aspx/Arabic%20Surveying%20Materials/Survey_Vedio

مصطفي، أحمد أحمد (١٤١٢هـ) نظم الإحداثيات في الخرائط الطبوغرافية في المملكة العربية السعودية ،مجلة كلية الملك خالد العسكرية، العدد ٣٧، ص ٧٤-٧٩.

مصطفي، أحمد أحمد (١٩٩٨) الخرائط الكنتورية: تفسيرها و قطاعاتها، دار المعرفة الجامعية، الإسكندرية.

معراج، نواب بن مرزا (١٤٢٦ هـ) أطلس خرائط مكة المكرمة، هيئة المساحة الجيولوجية السعودية، جدة.

المؤسسة العامة للتعليم الفني و التدريب المهني (١٤٢٥ هـ) الرسم المساحي العملي، مقرر دراسي للكليات التقنية، الرياض.

وزارة الشئون البلدية و القروية (١٤٢٦هـ) دليل قراءة و تحليل الخرائط، الرياض.

**المراجع الأجنبية:**

Andrews, J, (1998) What Was a *Map*?, Cartographica, 33:4, pp. 1-11, http://www.maphist.nl/discpapers.html

Dana, P. (2000) Tutorial on Coordinate Systems, http://www.colorado.edu/geography/gcraft/notes/coordsys/coordsys.html

Dana, P. (2000) Tutorial on Map Projection, http://www.colorado.edu/geography/gcraft/notes/mapproj/mapproj_f.html

Davis, H. (2013) Cartographic images, http://www.henry-davis.com/MAPS/

FGDC (US Federal Geographic Data Committee) (2006) Digital cartographic standards for geologic map symbolization, http://ngmdb.usgs.gov/fgdc_gds/geolsymstd.php

Freeden, W., Nashed, M., and Sonar, T. (Ed.) (2010) Handbook of geomathematics, Volume 2, Springer-Verlag, Germany, 1329 pp.

Gomarasca, M., (2009) Basics of geomatics, Springer-Verlag, Germany, 656 pp.

Harley, J. and Woodward, D. (Ed.) (1987) Cartography in pre-historic, ancient, and medieval Europe and the Mediterranean, The university of Chicago press, Chicago, USA, 599 pp.

Harley, J. and Woodward, D. (Ed.) (1992) Cartography in the traditional Islamic and south Asian societies, The university of Chicago press, Chicago, USA, 579 pp.

ISCGM (International Steering Committee for Global Mapping) (2009) Global map specifications version 2, http://www.iscgm.org/cgi-bin/fswiki/wiki.cgi?action=ATTACH&page=Documentation&file=Global+Mapping+Specifications+Version+2.pdf

Michigan University (2008) Land Use Standard Symbols, http://lu.msue.msu.edu/pamphlet/Pln/AcrobatPamphletMapColors.PDF

Peterson, G. (2009) GIS Cartography: A guide to effective map design, Taylor & Francis Group, USA.

UN (United Nations) Humanitarian Information Centre: Mapping

Standards Guidelines, http://www.humanitarianinfo.org/IMToolbox/03_Mapping_GIS_GPS/Map_Templates_Guidelines/Ref_Guidlines/LKA_2005_HIC_Mapping_Standards_Newdraft.Doc

USGS (United States' Geological Survey) (2012) Topographic Map Symbols, http://egsc.usgs.gov/isb/pubs/booklets/symbols/topomapsymbols.pdf

USGS (United States' Geological Survey) Cadastral map standards, http://gis.utah.gov/data/usgs-scanned-topographic-maps-drgs/

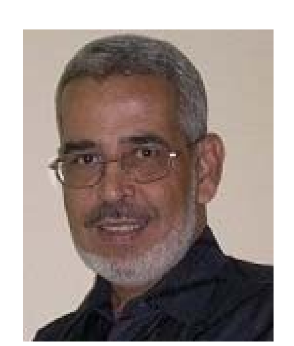
USGS (United States' Geological Survey) Digital map standards, http://nationalmap.gov/ustopo/digital_map_beta_v0.0.25.pdf

USGS (United States' Geological Survey) (1996) Orthophoto standards, http://nationalmap.gov/standards/doqstds.html

USGS (United States' Geological Survey) (1999) Map accuracy standards, http://www.mesa7a.com/up/specs/map/USGS%20Map%20Accuracy%20Standards.pdf

USGS (United States' Geological Survey) Map standards overview, http://cid-0259cb4f889eaeb3.skydrive.live.com/self.aspx/Standards%20in%20Surveying/USGS%20Map%20Standards%20Overview.pdf

# نبذة عن المؤلف



الدكتور جمعة محمد داود من مواليد السويس بجمهورية مصر العربية في عام ١٩٦٢م (الموافق ١٣٨١ هـ). حصل علي درجة البكالوريوس في الهندسة المساحية في عام ١٩٨٥م من كلية الهندسة بشبرا – جامعة بنها بمصر ، ودرجة الماجستير من قسم العلوم الجيوديسية والمساحة من جامعة ولاية أوهايو بالولايات المتحدة الأمريكية في عام ١٩٩١م، ودرجة الدكتوراه في عام ١٩٩٨م من كلية الهندسة بشبرا – جامعة بنها بمصر.

يعمل د. جمعة داود منذ عام ١٩٨٧م بمعهد بحوث المساحة بوزارة الموارد المائية والري بمصر، ويعمل أيضا منذ عام ٢٠٠٥م بجامعة أم القرى بمكة المكرمة بالمملكة العربية السعودية. حصل د. جمعة داود علي درجة أستاذ مشارك في عام ٢٠٠٤م وكذلك درجة الأستاذية في الهندسة المساحية في عام ٢٠٠٩م.

فاز د. جمعة داود بجائزة أفضل بحث في المساحة في مصر في أعوام ٢٠٠٥، ٢٠٠٦، ٢٠٠٧، ٢٠٠٩م كما تم اختياره في الموسوعة الدولية للعلوم والهندسة Who is Who للفترة ٢٠١١-٢٠١٢م.

نشر د. جمعة داود حتى الآن سبعة وأربعين بحثا في الهندسة المساحية والبيئية و نظم المعلومات الجغرافية منهم أثنتا عشر ورقة علمية في مجلات عالمية و مؤتمرات دولية في كل من الولايات المتحدة الأمريكية و انجلترا و ايطاليا و استراليا بالإضافة للنشر في مجلات و مؤتمرات في كلا من المملكة العربية السعودية و مملكة البحرين والمملكة المغربية و جمهورية مصر العربية.

د. جمعة داود متزوج من د. هدي فيصل الباحثة بمعهد بحوث المساحة وله ثلاثة أبناء مصطفي و محمد و سلمي.

حج د. جمعة داود بيت الله الحرام أربعة مرات وأعتمر عدة مرات.